DELL' ORIGINE, DE' PROGRESSI,
E DELLO STATO ATTUALE
D' OGNI LETTERATURA
DELL' ABATE
D. GIOVANNI ANDRES
SOCIO DELLA R. ACCADEMIA DI MANTOVA

PARTE PRIMA

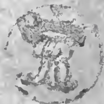
Che contiene le Scienze Naturali.

NUOVA EDIZIONE

DEDICATA A SUA ECCELLENZA IL SIG.
GIULIO CESARE ESTENSE TASSONI
CAVALIERE DEL R. ORDINE DELLA CORONA DI FERRO
GIA INCARICATO DI AFFARI NEL REGNO D' ITALIA
PRESSO L' IMPERIAL GOVERNO D' ETRURIA
MEMBRO DELL' ACCADEMIA FIORENTINA, E DI ALTRE
SOCIETA' LETTERARIE &c. &c.

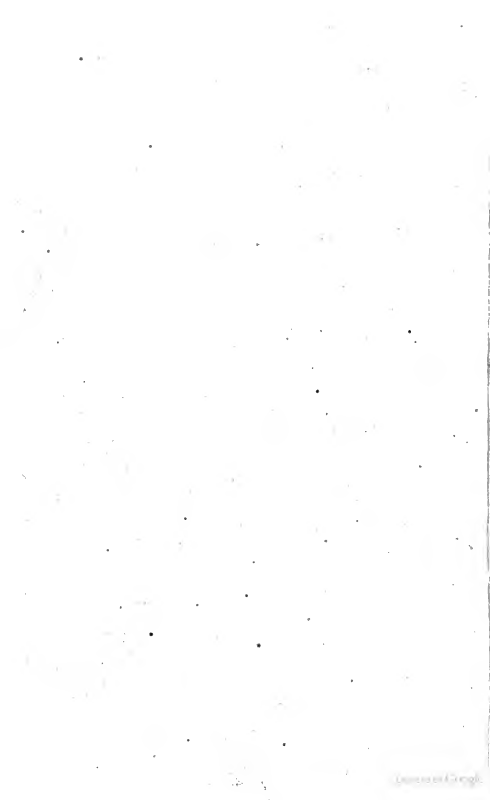
TOMO UNDECIMO.





IN PRATO 1812.

NELLA STAMPERÌA DI VINCENZO VESTRI
Con Approvazione.



LIBRO I.

DELLE MATEMATICHE



CAPITOLO V.

Della Meccanica.

Origine della meccanica.

Se gli antichi inventori degli stromenti, e delle arti meccaniche avessero riflettuto a' principj, onde furono insensibilmente condotti a tali invenzioni, e gli avessero sposti alla comune istruzione, si sarebbe forse in breve tempo formata una scienza assai perfetta della meccanica. Quante cognizioni, e quante teorie non richiedono la formazione, e il maneggio d'ogni stromento meccanico, e le più piccole operazioni di ciascun' arte? Ma quegl' inventori talor per un intimo senso, e un movimento diretto del proprio genio, o per una confusa, e non bene sviluppata ragione, talora forse per caso s'avvennero in que' ritrovati, come or anche vediamo accadere comunemente a' nostri artefici in simili invenzioni, non vi furono

condotti da fondati principj, da idee generali, e riflesse, da studiate teorìe; e qualunque poi fossero le loro cognizioni su tali materie, non sono state da essi sposte, e comunicate agli altri, nè hanno potuto servire a formare un corpo di dottrina, e stabilire una scienza della meccanica. Questa riconosce, come tutte le altre, il suo principio da greci, e può contare da essi non piccoli avanzamenti. Archita, quel famoso meccanico dell'antichità, il quale fece macchine sì portentose, che sono state celebrate da tutti i posteri, fu il primo geometra, che, secondo il testimonio di Laerzio (*a*), trattasse la meccanica non di mera pratica, ma valendosi de' principj matematici, e il primo che conducesse o regolasse il moto istrumentale o meccanico con figure geometriche, il primo insomma, che in qualche modo potesse dirsi meccanico, quale noi ora nel presente trattato lo richiediamo. Benchè in tutti que' tempi non abbia saputo trovare notizia d'altro geometra, che scrivesse su la meccanica, pur è d' uopo, che ne sieno stati parecchj, e che le speculazioni meccaniche occupassero lo studio di molti matematici. Imperciocchè già al tempo d' Aristotele si annovera la meccanica fra le parti delle matematiche, che si fondano nella geometrìa (*b*); ed egli stesso più precisamente determina a qual parte della

Greci meccanici.

(*a*) *In Archita* dice realmente Ταῖς μηκανικαῖς ἀρχαῖς; ma pare chiaro, che debba dire μαθηματικαῖς.

(*b*) *Anal. prior.* I.

geometrìa s' aspetti; e la ristringe a quella, che tratta de' solidi, ossia la stereometrìa (*a*). Ma nondimeno sembra, che non si fossero molto avanzate le cognizioni degli antichi in questa parte, mentre vediamo, che i problemi d' Aristotele, l' unico monumento degli scrittori di quell' età, donde noi possiamo raccogliere qualche indizio della loro perizia teorica nella meccanica, riportano sì insussistenti ed assurdi ragionamenti, che ci fanno credere non essersi ancora svelati al suo tempo neppure i primi principj di quella scienza. Laonde non v'era motivo perchè il Vossio si facesse maraviglia di non vedere citata l' opera d' Aristotele da Archimede, nè dagli altri meccanici posteriori (*b*).

Quindi senza diminuire ingiustamente la gloria degli antichi matematici potremo noi riconoscere come il primo maestro, ed il creatore della meccanica il grand' Archimede, al quale dobbiamo i veri principj della statica, ed anche dell' idrostatica. Celebri sono nella storia le molte e portentose sue macchine, colle quali non solo promosse ed accrebbe le arti meccaniche, ma potè far fronte, e porre argine, uomo solo, ed inerme, all' irresistibil potere delle armate romane. Infinite sono le invenzioni, che gli antichi riconoscevano d' Archimede, e Pappo (*c*), rammentandoci quella di muovere con una data potenza un dato peso *Archimede.*

(*a*) Ivi. (*b*) *De Scient. Math.* cap. XLVIII.
(*c*) *Coll. Math.* VIII.

qualunque sia, onde potè dire: datemi un sito ove posare, e moverò tutto il globo terracqueo; la chiama la quadragesima invenzione meccanica d'Archimede. Pur fra queste invenzioni non sono le macchine quelle, che fanno la vera sua gloria. Il maggiore suo merito presso i matematici è l'avere col suo divino ingegno scoperti, e fissati i principj e i fondamenti di quella scienza. Egli dimostrò il gran principio fondamentale, che due pesi in equilibrio nelle braccia d'una bilancia sono reciprocamente proporzionali alle loro distanze dal punto d'appoggio; egli sodamente fondò la statica su l'ingegnosa idea del centro di gravità; cercò questo centro in differenti figure, e ne fece utilissime applicazioni; egli in somma creò la meccanica. Le molte, ed utili macchine da lui inventate, ed eseguite gli guadagnarono le lodi, e la venerazione del suo secolo; ma le dotte opere, le sode verità, ed i giusti principj da lui ritrovati e spiegati hanno assai più giovato alla gloria del suo nome, ed alla istruzione della posterità. Così a ragione possiamo noi riconoscere Archimede pel vero padre della meccanica. Oltre Archimede cita Vitruvio (a) un Diade, un Ninfodoro, un Difilò, un Carida, e parecchj altri greci scrittori, che trattarono quella scienza, e (b) ci descrive alcune macchine, ed alcune invenzioni di Ctesifonte, di Ctesibio, e d'altri greci, che fanno vedere le vaste e moltiplici cognizioni, e il

Altri greci.

(a) Lib. vII *Pref.*, & al. (b) Lib. x.

genio attivo ed inventore di quella dotta nazione. Restano ancora a monumento del loro sapere alcuni scritti d' Ateneo coetaneo d' Archimede, d' Erone celebrato da tutti gli antichi nella meccanica, di Fileno bizantino, di Bitone, e di qualch' altro, dove molte invenzioni si riportano di questi stessi, e di varj altri greci meccanici, e ci si dà qualche idea dello studio, e profitto, ch' erasi fatto nella Grecia in questa, come in tutte l' altre matematiche discipline. Ma niente ci fa meglio concepire lo stato delle meccaniche cognizioni presso i matematici greci, che l' ottavo libro delle collezioni di Pappo. Colà vedesi come non solo avevano questi conosciuta, e studiata profondamente la meccanica *chirurgica* o manuale, e questa in infinite sue specie, ma che s' erano anche internati nella razionale, e che di tutte le operazioni della manuale avevano ricercate le matematiche dimostrazioni. Archimede è giustamente riguardato da Pappo come il dio della meccanica, che colla forza del superiore suo ingegno giunse a conoscere di tutte le macchine, delle lor forze, e de' loro effetti le ragioni, e le cause. Erone scrisse della leva, del cuneo, e dell' altre potenze o facoltà, alle quali si riducono tutte le macchine, anche de' nostri dì, e descrisse in particolare varie macchine non conosciute, che procacciavano comodo e facilità pel movimento de' pesi. Il medesimo Erone, e Filone dimostrarono la ragione, onde tutte queste cinque potenze; benchè di figura molto diversa, si riducano ad una

sola natura; ed Erone particolarmente non solo spiegò dottamente la sopraccitata quarantesima invenzione d' Archimede, e mostrò chiaramente la costruzione di quel problema, ma spose molti problemi utilissimi, e convenienti agli usi, ed a' comodi dell' umana società. Lo stesso Pappo contribuì non poco a' progressi della meccanica, e può dirsi con verità, che a lui più che ad alcun altro greco, dopo Archimede, si debbano gli avanzamenti di quella scienza. Perciocchè prendendo egli a discutere tutta la parte geometrica della meccanica, non solamente ridusse a maggior forza, ed a ragioni più esatte i teoremi conosciuti, e spiegati già dagli antichi, ma egli stesso ne ritrovò alcuni di moltissima utilità; e cominciando dal centro di gravità, donde tutte le parti della meccanica dipendono, non si ferma nelle cose già note, ma ne propone altre più profonde e recondite, mostra l' uso, che si può fare del centro di gravità per la dimensione delle figure, dottrina tanto importante per la meccanica, e per la geometria, ed insegna la gran verità, che le figure prodotte per circonvoluzione d' una linea, o d' una superficie sono fra loro in ragione composta delle figure generatrici, e delle circonferenze descritte pe' loro centri di gravità, donde tante belle scoperte derivano per la meccanica, e geometria.

Pappo

oma ni.

Questa può dirsi tutta la meccanica degli antichi: alle teorie di Archimede, e di Pappo sono ridotte le loro scientifiche cognizioni. Se i romani riportarono lode per l' invenzione, pel

pel maneggio, e per la descrizione d'alcune macchine; se alcuni greci e latini de' tempi posteriori si sono distinti per qualche meccanico ritrovato, tutto ciò dèe attribuirsi ad una pratica artifiziosa ed illuminata, e ad un ingegnoso istinto; non basta però ad accrescere le teoriche cognizioni, nè ad avanzare la scienza meccanica. Gli arabi lavorarono bensì su l'opere d'Aristotele, e d'Archimede; ma o niente seppero aggiungere alla dottrina de' loro originali, o non sono almeno a noi pervenute le loro scoperte. Non parleremo dunque nè del latino Vitruvio, che dottamente ci descrive molte macchine antiche, nè de' greci Eliano, Arriano, Maurizio, ed altri, che trattarono della tattica, nè d'Antemio celebre macchinista, ed autore d'un' opera su le macchine maravigliose; nè di Boezio, Gerberto, Alberto Magno, Ruggiero Bacone, nè d'alcuni altri conosciuti per l'invenzione di qualche macchina; nè di Giordano Nemorario, e del Regiomontano, che de' pesi scrissero geometricamente, nè di verun altro scrittore di que' secoli: per vedere la meccanica trattata come scienza esatta, ed illustrata con nuove teorìe bisogna discendere al secolo decimosesto. L'ardore, che allor prendevasi pe' greci autori, faceva, che si leggessero, e comentassero non solo le questioni meccaniche d'Aristotele a que' tempi molto stimate, ma eziandìo le opere di Archimede, e di Pappo, che sono i veri maestri, e si studiassero pertanto le loro speculazioni geometriche, e meccaniche. Ingegnose

Arabi.

Greci, e latini posteriori.

sono le spiegazioni geometriche, che dà Pietro Nugnez sul moto delle navi co' remi, e su altri punti meccanici. Più d'appresso toccò la meccanica il Tartaglia, il quale benchè non giunse a ritrovare la giusta dottrina su' progettili, può nondimeno chiamarsi il primo autore, che insegnasse qualche verità della ballistica. Più addentro penetrò in quella scienza il dotto comentatore degli antichi il Commandino, che lasciò un libro di centrobarica, e cercò il centro di gravità ne' solidi, non cercato da Archimede, benchè non seppe trovarlo in molti; nel che si meritò a quello stesso tempo molto maggiore lode d'ingegno, e di sapere Luca Valerio. Ma il primo, che potesse in qualche modo guadagnarsi il nome di meccanico, altri non fu che il marchese Guid'Ubaldo, il quale non solo sparse alcuni bei lumi su questa materia ne' comenti dell'opera degli equiponderanti d'Archimede, ma ne' proprj suoi libri, imbevuto, com' egli era, della dottrina d'Archimede, e di Pappo, cominciò a colpire nelle vere ragioni de' fenomeni meccanici, ed a mostrarsi meccanico. Allor si può dire, che incominciò a risorgere quella scienza. Allora il dotto matematico Stevin non solo verificò la dottrina degli antichi, e ne corresse gli errori, ma l' amplìò eziandio con molte sue scoperte, e l' arricchì di molte nuove ed utili verità. Allora finalmente comparve il gran Galileo, il vero lume della meccanica, e l' illustrò con tanti importantissimi ritrovati, che potè con ragione chiamarla una nuova scienza.

Guid' Ubaldo. *Stevin.*

Il Galileo ci fece conoscere il moto in tutti i suoi aspetti, moto equabile, moto accelerato, moto projettorio, moto oscillatorio, moto de' gravi per linea perpendicolare, moto de' medesimi per piani inclinati, moto per l' aria, e moto per altri mezzi diversamente resistenti, il moto insomma in tutte le sue diverse circostanze, e nelle differenti sue combinazioni, e creò in questo modo una scienza, ch' era in realtà intieramente nuova. Non s' è veduta nelle scienze una serie sì piena, e continuata di sottili ed utili scoperte, come quella, che presentò il Galileo nella dottrina del moto. Questo fu il primo avanzamento scientifico, che cominciò a dare a' moderni qualche superiorità su gli antichi. Il moto equabile, quantunque facile e piano, non era ancora ben conosciuto, finchè non lo spiegò il Galileo, e lo mostrò nel vero suo aspetto. Il moto accelerato gli fu più fecondo di belle scoperte; e in una materia, in cui non si proferivano che errori, seppe insegnarci moltissime verità. Fu un suo trionfo il dimostrare, che la forza di gravità è uguale ne' corpi di non ugual peso, e che la velocità d'un corpo grave non è proporzionale al peso di detto corpo. Sono venerate da tutti i meccanici le sue leggi dell'accelerazione de' gravi: che non dagli spazj percorsi, ma da' tempi debba prendersi l' accrescimento della velocità; che il mobile percorra lo spazio con moto accelerato nel tempo che un altro lo passerebbe con moto equabile di suddupla velocità; che gli spazj percorsi cre- *Galileo.*

scano per numeri dispari, e sieno come i quadrati de' tempi; e così delle altre. La resistenza de' mezzi gli diede campo ad altre scoperte, e seppe assegnare le proporzioni delle velocità ne' mobili simili o dissimili nello stesso, o in diversi mezzi, e fissare alcune leggi della resistenza di tali mezzi. Moltissime sono le verità, non meno utili che curiose, che scoprì l' acuto suo ingegno nella discesa pe' piani inclinati. Egli trovò, che la velocità del corpo grave, o l' impeto di discendere, è in ragione diretta delle altezze, o inclinazioni, e inversa delle lunghezze de' detti piani; e ne didusse alcuni ingegnosissimi e sodissimi paradossi, tirando in un circolo dall' apice del diametro quante corde si voglia a qualunque punto della circonferenza, e tirando all' opposto dalla circonferenza alla linea orizzontale diversi piani, che tocchino questa linea o prima, o dopo, o all' arrivare al diametro; e fece quella grande scoperta, che, quantunque non ancora perfetta, è stata forse il più bel volo geometrico, che possa vantare la meccanica, che non è la linea diritta, benchè la linea più breve, quella della più breve discesa, ed aprì la via al ritrovamento della *brachistocrona*, che occupò tanto i Bernoulli, e i più profondi geometri. Nuovi meriti procacciò al Galileo il moto projettorio, fin allora non ben conosciuto; ed a lui dèe la ballistica l' entrare nella classe di scienza esatta. Egli determinò ad una parabola la linea percorsa dal corpo projetto, segnò quale sia l' impeto di questo ad

ogni qualunque punto di tale parabola, e mostrò mille altre utilissime verità. La dottrina del Galileo è stata la guida de matematici posteriori, che hanno illustrata la ballistica, e gli scritti del Blondello, del Belidor, de' Bernoulli, del Maupertuis, dell' Eulero, e d'altri grandi uomini possono riputarsi frutti non meno che confermazione delle scoperte del Galileo. Nè minore gloria si acquistò il Galileo colla sua dottrina sul moto de' pendoli. La dimostrazione d' essere le lunghezze de' pendoli in proporzione duplicata de' tempi delle vibrazioni, e l' applicazione di essa per misurare le altezze degli edifizj fu la prima sua scoperta meccanica, che mostrava già abbastanza quanta fosse l' acutezza della sua mente per seguire gli andamenti della natura. Ma quale non fu la sorpresa de' matematici al sentirgli annunziare l' isocronismo delle vibrazioni d' un pendolo per archi diversi sotto un quarto di cerchio? Perfino al dotto Guid Ubaldo, uno de' pochissimi di que' tempi, che fossero capaci d' intender tali dottrine, parve questo un incredibile paradosso. Ma il Galileo in una lettera a lui diretta, e poi ne' dialoghi lo espose con tale apparenza di verità, che non ci volle meno che la perspicacia dell' acutissimo Ugenio per trovarvi un picciolo fallo, e per fissare l' isocronismo de' pendoli non negli archi circolari, ma ne' cicloidali. La statica fu da lui ridotta ad un sol principio, dal quale tutte le proprietà delle macchine deriva; e quest' è, che per muovere un peso qualunque v' abbiso-

gna una forza maggiore del peso, o se pur la forza è minore, che sia d' una velocità tanto maggiore, che compensi la minorità della forza; principio, che falsamente vuolsi da alcuni attribuire al Desaguliers, quando da tanti anni prima era già stato scoperto dal Galileo. Da questo anche prende il la Grange (*a*) i due principj fondamentali dell' equilibrio, cioè il principio della composizione delle forze, e quello delle velocità virtuali, che sono poi stati tanto fecondi di meccaniche cognizioni. Nella centrobarica, benchè troppo brevemente da lui trattata, seppe nondimeno trovare utilissime verità. Sembrava, che non potesse riguardare alcuna parte della meccanica senza scoprirvi delle proprietà non ancora vedute da altri. Quante non ne trovò nella coerenza de' corpi, o nella loro forza di portar pesi senza spezzarsi? Se il Viviani, ed il Grandi, se il Mariotte e il Leibnizio, se il Varignon e il Muschembroeck hanno poi data maggiore ampiezza, e perfezione a questa materia, nessuno però ha avanzato un passo, se non dietro alla scorta del Galileo. Non fu che un leggiero sguardo, che potè questi dare su la forza della percossa; ma sol questo sguardo quante belle verità non gli fece vedere per misurare detta forza, e per trovarla infinita, per paragonarla colla pressione, per fissare la diversità delle percosse, e per altre curiosissime proprietà! Così avesse egli distese, e spiegate,

(*a*) *Mech. anal.* part. I, sez. I.

è, non soltanto abbozzare le sue viste, e ne avesse scritto un perfetto trattato! Ha dato però lume al Borelli per illustrare più pienamente questa materia; e dovrà anche in questa parte essere riguardato come il primo e vero maestro. Qual lode dunque non merita il Galileo, che ha saputo ricavare dal seno della natura tanti tesori d' utilissime verità, chiuse e nascoste per tanti secoli a' penetranti sguardi de' filosofi e matematici! Ella è una gloria singolare ed unica del Galileo l'avere levato, per così dire, dal niente una nuova scienza, ed essere stato non sol maestro, ma padre, e creatore della meccanica. Dietro la scorta del Galileo si seguitò a studiare nell' Italia questa nuova scienza sì feconda d' importanti e curiose verità. Ne scoprì, e provò molte contemporaneamente il Baliani; il Riccioli, il Grimaldi, ed altri fisici, e matematici illustrarono, e confermarono con molte nuove sperienze e ragioni gl' insegnamenti del Galileo. Più avanti s' inoltrò il Torricelli, ed arricchì d' un nuovo principio la statica, e d' altre nuove scoperte la ballistica, e migliorò in varj punti, ed accrebbe la dottrina del suo maestro. Così parimente fece il Viviani, così anche il Borelli, il quale scrisse su la forza della percossa, e formò una meccanica animale nella sua opera assai dotta *De' movimenti degli animali*; e così andò sempre più ampliandosi la meccanica nella scuola del Galileo.

Baliani, Riccioli, Grimaldi ed altri.

Torricelli.

Borelli.

Intanto i francesi cercarono anche in questa parte d' emulare la gloria degl' italiani, e s' ap-

Francesi meccanici.

plicarono a scoprire nuove verità, nè vollero comparire meri seguaci, e discepoli del Galileo. Gli studj geometrici, in cui erano saliti a tanta gloria, davano loro gran lume per potersi felicemente inoltrare in recondite discussioni. Quindi le profonde questioni eccitate fra' matematici francesi su la posizione del centro di gravità in alcune particolari circostanze, e su' centri d'oscillazione, su cui tanto si dibatterono il Cartesio, ed il Roberval, e in cui amendue molte nuove notizie scoprirono, ma non poterono cogliere in tutto nel giusto *Roberval* segno (a). Il Roberval fu in questo punto molto superiore al Cartesio, e s'accostò più dappresso alla verità: diede determinazioni esatte del centro d'agitazione de' settori e degli archi di circolo mossi perpendicolarmente al loro piano, ed osservò, che mentre dovevasi ricercare il centro d'oscillazione, cercavasi dal Cartesio, e dagli altri quello soltanto di percussione; egli s'applicò a varj saggi meccanici, e vi trovò alcune dimostrazioni ingegnose, e scoprì un principio di statica, che è stato poi di grand'uso, cioè, che due potenze saranno in equilibrio qualor saranno in ragione reciproca delle perpendicolari tirate dal punto d'appoggio su le linee di direzione (b). Più vaste furono le disquisizioni meccaniche del Car-

(a) *Cartes. epist.* tom. III, Mersen. *Cogit. Physic. Math.*

(a) Mersen. *Harmon. univ.*

Cartesio, il quale volea anch' egli diventare legislatore del moto; e si sarebbe acquistata maggior lode, se in vece di sprezzare, come fece ingiustamente (a), il Galileo, si fosse studiato d' imitarlo. Ma sfortunatamente per lui solo potè incontrare la verità, quando seguì in qualche modo le tracce del Galileo; e prese errore quando volle attenersi alle proprie immaginazioni. Esaminò la statica, e la ridusse, come il Galileo, ad un solo principio, che bisogna tanta forza per levare un peso ad una certa altezza, come per levare il doppio ad una metà di essa altezza (b). Meditò su le leggi del movimento, e sviluppò più chiaramente le verità accennate qua e là dal Galileo, cioè che sussiste, e continua perpetuamente il moto nella stessa direzione e velocità, finchè non venga alterato da qualche ostacolo; che si fa sempre ogni moto per sua natura in linea diritta, e che non si muove un corpo in linea curva, se non perchè viene cambiata continuamente la sua direzione da qualche ostacolo. Ma abbandonatosi poi a' suoi principj metafisici inciampò in molti inescusabili errori. Fu merito della sua sagacità il pensare a cercare quali leggi potesse seguire la natura nella comunicazione del moto. Ma quì fu dove lasciandosi condurre dalla sua immaginazione, che la quiete de' corpi sia una vera e reale forza, e che Iddio per la sua immutabilità conservi sem- *Cartesio.*

(a) Ep. xcI.
(b) Ep. LXXIII, part. I; e *Tract. de Mechan.*

pre nel mondo la stessa quantità di moto, e non osservando la dovuta distinzione fra i corpi duri e gli elastici, ma prendendoli tutti a mazzo, stabilì leggi per la comunicazione del moto, che per la maggior parte sono vane ed insussistenti, che alle volte prescrivono a' corpi duri ciò che solo conviene agli elastici, e spesso dicono quello, che per gli uni, e per gli altri è falso, ed assurdo (*a*). Lo stesso suo fedelissimo seguace Malebranche, sì fermamente attaccato alle sue dottrine, rigettò prima come false queste leggi cartesiane (*b*), e poi cercò in qualche modo di raddirizzarle (*c*); ma non ardì mai d' abbracciarle. Cartesio stesso nelle sue lettere parla alle volte di queste materie diversamente che ne' *principj*, e spesso con maggior giustezza e verità. Ma anche nelle lettere presenta tante idee false ed insussistenti, talor eziandìo unite alle vere e giuste, che mostra non aver mai formato che un confuso e mal digesto abbozzo della dottrina del moto (*d*). Ad ogni modo i tentativi del Cartesio se non ebbero buona sorte nell' incontrare le vere leggi della comunicazione del moto, servirono ad eccitarne altri assai più felici. La regia Società di Londra invitò i più dotti matematici dentro e fuori dell' Inghilterra a ricercarne le più sode e sicure teorìe. Il

(*a*) *Princ.* part. II.
(*b*) *De inq. ver.* lib. VI, c. ult.
(*c*) *Leg. gen. mot. comm.*
(*d*) V. Ep. LXXIII, part. II et al.

Wallis, tanto benemerito dell' algebra e della geometrìa, recò anche gran vantaggio alla meccanica spiegando con giustezza, e verità le leggi della comunicazione del moto, ed altre dottrine su tali materie (a). Il Wren, inventore d'alcune ingegnose macchine, e d' alcune teorìe, e ricerche meccaniche, e d' alcune scoperte particolarmente nella meccanica architettonica, illustrò anche le leggi della comunicazione del moto con generalità, chiarezza, e brevità. *VVallis.* *VVren.*

Ma più di tutti il celebre Ugenio contribuì a mettere nel suo vero lume la dottrina di tale comunicazione: tutti e tre trovarono per diverse vie le medesime leggi, che sono le vere, e le ricevute generalmente da tutti; ma l' Ugenio si distese anche alla dimostrazione d'altre nuove verità. Egli fece vedere, che qualora sono opposte le direzioni de' corpi mossi, si perde bensì coll' urto qualche parte del moto, nè può dirsi col Cartesio, che la natura ne conservi sempre la medesima quantità; ma è sempre vero, che il centro di gravità comune a' detti corpi o è immobile, o si muove prima, e dopo l' urto colla stessa velocità, e che se non è invariabile assolutamente la quantità del moto, lo è però la quantità del moto verso una direzione. Questa scoperta portata a gran generalità dall' Ugenio, è stata poi ricevuta, e confermata con nuove dimostrazioni da' moderni geometri. La legge della con- *Ugenio.*

(a) *Tract. de Motu.*

servazione delle forze vive, o, com' altri dicono, delle forze ascensionali, per la quale il centro di gravità d'un sistema di corpi ha la forza d'ascendere alla stessa altezza onde è disceso, è un'altra curiosa ed utile scoperta dell' Ugenio. Sua è parimente la bella ed ingegnosa osservazione, che se un corpo ne urta un altro in riposo col mezzo d'un terzo di grandezza media fra tutti due, gli comunica più moto che se lo urta immediatamente, e cresce sempre più questo moto, quanto più crescono i corpi intermezzi di grandezza proporzionale. La verità di queste scoperte dell' Ugenio, e delle leggi della comunicazione del moto è stata sempre più confermata non solo colle nuove dimostrazioni de' matematici, ma eziandìo colle sperienze de' fisici, i quali fanno vedere agli occhi ciò, che l' Ugenio non presentava che alla sottile ragione. Le scoperte di questo sommo geometra non si sono ristrette alle sole leggi della comunicazione del moto; hanno abbracciati più profondi, e più reconditi oggetti. L' orologio oscillatorio gli prestò campo a finissime e sottilissime speculazioni, alle quali non dubitava di dare sopra tutte l' altre sue la preferenza (*a*). Veramente la prima idea, e forse anche l'esecuzione di simile orologio deesi riferire all' immortale Galileo, il quale fino da' primi anni delle sue sublimi meditazioni pensò già d' applicare il moto del pendolo alla misura del tempo; e nell'

(*a*) *Dedic.*

età più avanzata scriveva a Lorenzo Reali come chi aveva trovato il modo di farlo, ed egli stesso, o il suo figliuolo Vincenzo coll' intervento del Gran-Duca Ferdinando II fece eseguire un orologio a pendolo da Marco Treffler orologiaro di quel Gran-Duca. Così dice Gian-Gioacchimo Becher (a) averlo sentito raccontare, e dal chiarissimo Magalotti, testimonio in questa parte irrefragabile, e dallo stesso Treffler, che confessava avere lui fatto in Toscana il primo orologio a pendolo, ed un modello di questo esser passato in Olanda (b). Del che dice il Nelli aver egli un documento anecdoto, che pubblicherà nella sua *Vita del Galileo*, tanto desiderata dalla repubblica letteraria (c); e il testimonio del Viviani (d), e que' di molti chiarissimi soggetti, che si leggono nelle lettere d' uomini illustri, pubblicate dal Fabroni, e varj altri monumenti ce ne fanno pienissima fede. Quindi hanno alcuni voluto levare all' Ugenio la gloria dell' originalità, ed imporgli la taccia di plagiario, perch' egli è presso al re di Francia, e presso agli Stati-Generali d' Olanda (e) se ne spacciava per inventore. Ma per quanto vero sia questo racconto del Magalotti, e del Treffler,

(a) *Experim. nov. curios. de Minera arenaria perpet.*

(b) V. Nelli *Sagg. di St. Lett. Fior.* ec.

(c) Ivi.

(d) *Vita di Gal.*, *e Lett. al Conte Magalotti*.

(e) *De Horol. oscillat.* ec. *Dedic.*

del Viviani, e di tant' altri, e tutto che io punto non dubiti d'una qualch' esecuzione dell' orologio galileano, non ardirò d'accusare di menzogna, e di plagio un uomo dell' acutezza d'ingegno, e nella sincerità di cuore del candidissimo, e sottilissimo Ugenio. Egli schiettamente ci narra la storia di questa sua invenzione, e ne prende ingenuamente l' origine dall' uso de' pendoli, applicato alcuni anni prima dal Galileo per la misura del tempo, e adoperato poi dagli astronomi movendo colla mano i pendoli, e contandone a vista le vibrazioni: perchè non avrebbe con uguale candore riferita all' orologio imperfetto del Galileo l' origine del suo levato alla giusta esattezza, e perfezione? Questo fu messo in opera nel 1657, e nel 1661 vennero all' Ugenio lettere da Parigi, richiamandone al Galileo l' invenzione, ed egli stesso lo raccontò tosto a Niccolò Heinsio, ma protestandosi religiosamente di essergli giunta affatto nuova la notizia di tale fatto, nè averne mai prima avuta la menoma contezza: *Sancte testatus*, come lo stesso Heinsio scriveva al Dati (*a*), *sancte testatus ejus rei cum ignarissimis ignarum se fuisse*. Benchè queste lettere di Parigi, e i sopraddetti monumenti, e varj altri, che se ne potrebbono addurre, provino assai convincentemente, che gloria è del Galileo non solo la prima idea, ma una qualche esecuzione altresì

(*a*) *Clar. Belg. ad Ant. Magliab. nonnullosque al. ep.* vol. I.

o per sè stesso, o per suo figlio dell' orologio oscillatorio; bisogna dire nondimeno, che non troppo felice riuscisse questo primo orologio, dacchè nè magnificato fu allora colle lodi degli studiosi e degli amici del Galileo, nè adoperato poscia dagli astronomi e dagli artisti, nè conosciuto appena, fuorchè da pochissimi della corte del Gran-Duca, i quali stessi ben presto lo dimenticarono, finchè non ne richiamò loro la memoria il nuovo orologio dell' Ugenio. Sicchè potè questi essere affatto all' oscuro di tale tentativo del Galileo, potè provarlo da sè senza veruna preventiva cognizione, potè metter in dubbio, e negar anche con qualche ragione, che nè il Galileo, nè suo figlio fossero mai riusciti a formare un simile orologio, potè ottenere giustamente la lode di originalità, potè esserne realmente primo inventore. Certo l' orologio del Galileo, ancor quando fosse riuscito nella costruzione, non poteva, attesi i principj della sua dottrina, giungere alla bramata esattezza, e soltanto dopo le scoperte geometriche, e meccaniche dell' Ugenio poteva sperarsene uno perfetto. Credeva il Galileo con qualche apparenza bensì di ragione, ma senza la necessaria verità, che fossero tautocrone le vibrazioni d' un pendolo per archi compresi in un quarto di circolo; la geometria de' suoi tempi non conosceva ancor la cicloide; nè poteva dargli lumi bastanti per fissare i centri d' oscillazione ne' pendoli; per la costruzione stessa del meccanismo dell' orologio mancavano molte teoriche cognizioni, e

molte notizie geometriche superiori a quanto allora sapevasi. L' Ugenio perfezionò la dottrina del Galileo su l' accelerazione de' gravi, ed esaminando le proprietà della cicloide, allor tanto in voga, trovò, che in questa soltanto, e non nel circolo si faranno nel tempo stesso le discese da qualunque punto, e che saranno soltanto isocrone le vibrazioni del pendolo, qualor si faranno in archi cicloidali, non ne' circolari, confessando egli stesso, che la scoperta di questa proprietà della cicloide è un frutto della dottrina del Galileo. Non bastava la sterile cognizione di questa proprietà della cicloide, bisognava trovare il modo di fare eseguire nell' orologio le vibrazioni cicloidali. Trovolla l' Ugenio coll' applicare il filo del pendolo ad una cicloide rovesciata; e questa speculazione lo condusse felicemente alla sublime teorìa delle *evolute*, che gli fu feconda di tante scoperte, e lo coronò di sì alta gloria. Bisognava altresì determinare la lunghezza del pendolo, necessaria per fare ogni secondo una vibrazione; e determinolla l' Ugenio valendosi della stessa teorìa delle *evolute*. Ma non bastava ne pure determinare soltanto in generale tale lunghezza, bisognava applicarla non a qualunque parte del pendolo, ma al suo centro d' oscillazione, bisognava rischiarare la fin allora oscurissima teorìa de' centri d' oscillazione. Ed ecco un nuovo campo all' Ugenio di fare utili e gloriose scoperte. Il Cartesio, il Roberval, ed il Fabri, invitati dal Mersenno, s' erano applicati ad esaminare questa materia;

teria; ma poco avanti erano andati, nè avevano pur saputo riguardarla pel vero suo verso, e confondevano il centro d'oscillazione col centro di percussione: solo il Roberval giunse a conoscere veramente gli elementi, che deono entrare in tale ricerca; ma non gli bastarono i lumi della meccanica di que' tempi per risolvere la questione. L'Ugenio, com'egli stesso racconta (a), fin dalla prima sua gioventù fu anch'egli invitato dal Mersenno ad entrare in questa ricerca; ma non seppe allora neppur trovare la via d'incominciare tale speculazione. Arricchito poi di maggiori lumi di geometrìa, e condotto di nuovo a questo esame dalle sue meditazioni su le vibrazioni de' pendoli, e sul bramato orologio, la riprese con maggiore felicità: non sol trovò la soluzione de' problemi del Mersenno, che invano avevano rintracciata gli anteriori geometri, ma s'ingolfò in più profonde ricerche, s'aprì nuove vie, si formò più sicuri principj, e discoprì molte notabili verità su' centri d'oscillazione, su' punti di sospensione, sul vero modo di regolare le vibrazioni del pendolo. La dottrina dell'Ugenio su' centri d'oscillazione ci ha poi prodotte molte bellissime teorìe de' Bernoulli, dell'Hôpital, del Tailor, dell'Eulero, dell'Alembert, de' più valenti geometri; e la dottissima sua opera è stata feconda di tant'altre non meno dotte, e forse anche più fine ed esatte. Così all'orologio oscillatorio dobbiamo

(a) *Hor. oscill.* par. IV.

una più profonda cognizione della discesa de' gravi, lo scoprimento di nuove proprietà della cicloide, la dottrina delle evolute, la teorìa de' centri d' oscillazione, ed un notabile miglioramento non solo della meccanica, ma eziandìo della più alta geometrìa. L' utilissima, e sublimissima dottrina delle forze centrifughe, e di tutto il moto circolare dèe anche in qualche modo la sua orìgine a quel fecondo orologio. La forza centrifuga de' corpi mossi circolarmente è stata sempre conosciuta da' filosofi, ma non mai attentamente esaminata da nessuno. Il Galileo, ed il Cartesio nel parlare de' movimenti de' corpi celesti, e nel trattar qua e là della dottrina del moto, hanno accennate alcune verità, che mostravano avere essi più chiare e giuste idee di tali forze, che nè gli antichi, nè i moderni filosofi non avevano potuto formare. Ma la vera notizia di questa forza, i veri principj di questa teorìa ci sono solamente venuti dalle profonde speculazioni dell' Ugenio. I giusti e precisi teoremi da lui lasciati (a) sono la soda base, su cui si è poi innalzata la gran macchina della scienza delle forze centrali, alle quali può dirsi ridotta l' astronomìa, e la più nobile parte dell' umano sapere. Tante scoperte, tante novità, tanti meriti innalzano l' Ugenio all' alto onore di secondo padre, e maestro della meccanica, che ha rinforzati, accresciuti, e perfezionati gl' insegnamenti del Galileo

(a) *Horol. oscill.* par. v.

in quella scienza, e n' ha saputo trovare da sè altri nuovi non meno veri, ed interessanti.

Coll' Ugenio, e col Galileo entrò a parte il Newton ad essere legislatore, e regolatore del moto. La gran macchina, che aveva in testa di stabilire gli andamenti de' corpi celesti, di svelare le mutue lor relazioni, e di scoprire la vera costituzione dell' Universo, gli presentava un' infinita varietà di forze e di moti, e l' obbligava ad esaminare più intimamente le azioni di tali forze, e la natura de' varj moti. Da tre leggi semplicissime, conosciute già in parte da altri filosofi, ma da nessuno abbastanza spiegate, e determinate a' moltiplici loro usi, cioè, che ogni corpo persevera nel suo stato di quiete, o di moto uniforme e diritto; se non quando dalle forze impresse è obbligato a mutare quello stato; che la mutazione del moto è proporzionale alla forza motrice impressa, e che si fa secondo la linea retta, in cui s' imprime quella forza; e finalmente che ad ogni azione v' è sempre una contraria ed uguale reazione, ricavò egli moltissimi corollarj, che danno gran lume a tutta la scienza del moto, e gli fanno strada per innalzarsi a fissare i movimenti della luna, de' pianeti, e delle comete, e a contemplare gl' immensi spazj del mondo. Come i corpi celesti non discendono per linee verticali, non corrono per orizzontali, non si muovono per diritte, ma seguono sempre le curve, si prende il Newton ad esaminare profondamente le forze, che dirigono tali moti, e come, e

Newton.

quando debbano farsi questi, e quali effetti a ciascuno di essi possano convenire. Il Keplero stabilì quelle due famose leggi pe' movimenti celesti, che sono state le regolatrici di tutta l'astronomìa, cioè, che i pianeti movendosi intorno al Sole descrivono aree, che sono proporzionali a' tempi, e che i quadrati de' tempi periodici sono come i cubi delle distanze. Il Newton entra a generalizzare queste leggi; prova, che saranno proporzionali a' tempi le aree descritte da' corpi che girano tirando i raggi ad un centro immobile delle forze; che i corpi, che descrivono tali aree, saranno tirati a quel centro da una forza centripeta; che se descrivono tali aree tirando i raggi al centro d'un altro corpo, comunque mosso, saranno tirati da una forza composta dalla centripeta e dalla forza acceleratrice dell'altro corpo; e va esaminando le circostanze diverse de' corpi, che si muovono in giro, e dimostrando quali forze, ed in quale maniera agirebbero sopra di essi, quale sarebbe il centro, intorno cui i corpi si moverebbono, quale la forza centripeta in un circolo, quale in una spirale, quale in un'elisse, quale in altre linee, quali velocità corrisponderebbero in qualunque di quelle circostanze, quali spazj si percorrerebbero, quanto tempo vorrebbesi, e generalmente quanto v'è da considerare in ogni moto circolare, tutto viene spiegato dalla vasta mente del Newton, e dimostrata ogni cosa col geometrico suo rigore. Che ricchezza di sublimi teorìe non profonde da per tutto il

generoso suo spirito! Che immensa copia di sottilissime verità non esce dalla feconda sua penna! Trovar tangenti, descrivere trajettorie, trasformare figure, risolvere difficili problemi geometrici sono per lui passeggieri trattenimenti, che come per diletto vuole prendersi nelle sue meccaniche disquisizioni. La dottrina de' pendoli trattata dal Galileo, e dall' Ugenio ricevè ancora maggiori lumi dalle diligentissime esperienze del Newton, e dalle geometriche sue dimostrazioni; e su' tempi, su le velocità, su le forze, su le resistenze, su' ritardi delle vibrazioni si sono scoperte nuove ed utili verità. Dopo tanti bellissimi ritrovati dall' Ugenio su l' isocronismo della cicloide ha saputo ancora il Newton mostrare l' originalità del suo genio esaminando tale isocronismo anche in un mezzo resistente in ragione de' momenti del tempo, e in ragione semplice della velocità, e dandone geometrica dimostrazione, ed ha aperto la via a Giovanni Bernoulli (*a*), ed all' Eulero (*b*) di dimostrarla anche in altre ipotesi più complicate. La dottrina delle forze centrali, e de' moti curvilinei si può dire uno de' più preziosi regali, che abbia fatti alla mente umana la geometria; ed è realmente tutta opera del sublime genio del Newton. Ma non è questo il solo suo merito nella meccanica d' uopo è bensì conoscere in-

(*a*) *Acad. des Scienc.*, *an.* 1730.

(*b*) *Acad. Petrop. nov. Comm.* tom. IV., et *Mech.* tom. II.

timamente le forze motrici, e le circostanze diverse de' moti: ma non serve questa sola notizia per la giusta contemplazione della natura, se non si sa quale, e quanta resistenza oppongano a tali forze i mezzi, in cui deono eseguirsi i movimenti. La scienza di queste resistenze è un altro nobile parto della feconda mente del Newton. Qualche saggio n'aveva dato ne' suoi dialoghi il Galileo; ma con quella brevità, e leggerezza, che ad una cosa sol di passaggio toccata, e ad autore, che il primo era a trattare una nuova scienza, potevasi convenire. Il Newton in tempi più illuminati, meglio fornito di tutti gli ajuti della più fina geometrìa, e delle proposizioni stesse accennate dal Galileo, entra ad esaminare le resistenze de' mezzi; diverse secondo le ragioni diverse della velocità de' corpi, che in essi muovonsi, diverse secondo la diversa densità de' mezzi, e diverse parimente secondo la diversa tenacità, e coesione delle parti di tali mezzi. La resistenza del mezzo è come il decremento del moto, che produce nel mobile, e nasce dalla reazione del mezzo, e dalla sua tenacità. La resistenza della tenacità è sempre uniforme, e costante; ma quella della reazione dèe misurarsi secondo la densità del mezzo, e la velocità del mobile: quanto più veloce scorrerà il mobile, e il mezzo sarà più denso, più particelle di questo dovranno muoversi, maggior quantità di moto comunicherà il mobile, maggiore ne perderà, e maggiore però sarà la resistenza del mezzo. Quindi il

Newton colla sua solita sottigliezza e profondità prende a considerare diverse ipotesi delle resistenze de' mezzi in ragione o della semplice velocità, o del quadrato della medesima, o parte del quadrato, parte della stessa velocità, od anche della somma della densità del mezzo, e del quadrato della velocità, e in ciascuna determina gli spazj che scorrerà il mobile, la velocità che perderà, e la linea che nel suo movimento dovrà descrivere, e là linea che servirà a mostrare le forze del moto, e quella della resistenza. Come anche la figura del mobile può far cangiare di molto la resistenza de' mezzi, osservò eziandio il Newton quale resistenza soffrirebbe un corpo sferico, e la paragonò con quella, a cui soggiacerebbe uno cilindrico; e così aprì la via per terminarla sicuramente ne' corpi d'altre figure. Pieno di queste sublimi e giuste teorie entra ad esaminare il moto circolare ne' mezzi resistenti, che sembra l' oggetto delle precedenti sue ricerche; e prendendo una logaritmica spirale, della quale suppone già conosciute le proprietà, la va applicando al giro del corpo mobile nelle diverse ipotesi delle densità de' mezzi, e delle forze centripete, e spiegando quindi quali debbano riputarsi la forza centripeta, e la resistenza del mezzo per far rivolgere il mobile d'una data velocità in quella data spirale. Con questo apparato di meccanica, e di geometrìa si fece coraggio per ascendere a' cieli, e fissare colla dovuta sodezza i movimenti de' corpi celesti, battè i vortici cartesiani, gli

atterrò affatto, e li ridusse al niente, onde gli aveva tratti la fantasìa del Cartesio; e colle due sole forze centripeta, e centrifuga obbligò i pianeti a seguire le orbite ellittiche, che lor si convengono, gli assoggettò irresistibilmente alle leggi di Keplero, e mise in sistema, e in buon ordine tutti i cieli. Gran rivoluzione produsse in tutte le matematiche l'opera de' *Principj matematici* del Newton. Algebra e geometrìa, meccanica ed idraulica, fisica ed astronomìa presero nuova forma da quel sacrosanto e venerando deposito di scientifiche verità. Nuova scienza potè chiamarsi la sua meccanica, che svelò tutti i secreti delle forze motrici, tutte le varietà de' movimenti curvilinei; tutti gli effetti delle diverse resistenze de' mezzi, e molte altre verità risguardanti il moto, che non erano ancora conosciute, e le applicò sì felicemente per ispiegare i misterj della fisica e dell'astronomìa; e più ancora può dirsi nuova, perchè da per tutto fu condotta dalla severa geometrìa, nè fece il menomo passo, nè proferì la più leggiera proposizione, che non fosse regolata dalle sue rigorose dimostrazioni. Allor s' introdusse in tutte le scienze la giusta esattezza e verità; allor si vide la meccanica diretta dalla geometrìa, e talor anche ridotta all' algebra divenire regolatrice delle altre scienze.

Altri geometri illustratori della meccanica.

Nell'ardore, con cui allora si prendevano le scientifiche discussioni, producevansi continuamente nuove scoperte meccaniche, e facevansi da per tutto utili avanzamenti. Non segnò il Newton la trajettoria, che descrive un corpo

po in un mezzo resistente secondo il quadrato della velocità; e Giovanni Bernoulli la trovò, non sol pel quadrato, ma per qualunque ragione moltiplicata della velocità; e Niccolò suo figliuolo, il Tailor, l'Erman, e l'Eulero sciolsero lo stesso problema, e a tutta la dottrina delle trajettorie recarono maggior lume. Dalla dottrina su la resistenza de' mezzi del Nevvton s'indusse l'Ugenio ad esaminare la logaritmica, e propose su questa alcuni teoremi, de' quali diede poi Guido Grandi le convenienti dimostrazioni. Pieni sono gli Atti dell' Accademia delle Scienze (a) di Memorie del Varignon per dare più generalità alla dottrina nevvtoniana su la resistenza de' mezzi. Poche parole del Nevvton intorno alla curvità, che dovrà avere una conoide per soffrire la menoma resistenza possibile del mezzo eccitò gl' ingegni de' più chiari geometri a trattare questo problema, diventato celebre sotto il nome *del solido della minor resistenza*; e l'Hôpital, Giovanni Bernoulli, ed alcuni altri vi trovarono sottilissime soluzioni, e le ridussero a chiare equazioni; e il Bouguer (b), ed il Juan (c) l'hanno ingegnosamente, ed utilmente applicato a' veri avanzamenti della costruzione delle navi, e della meccanica nautica. Così il Nevvton arricchì la meccanica non solo colle sue, ma eziandìo colle altrui scoperte; e,

(a) An. 1707 .... 1711.
(b) *Traitè du Nav.* lib. III.
(c) *Exam. mar. theor. pract.* tom. I, lib. II.

ciò ch'è ancora più utile che le stesse scoperte, introdusse nella meccanica l'esattezza della geometrìa, e ispirò a' suoi seguaci il genio geometrico. Non potè in questa parte gareggiare con lui il suo rivale matematico Leibnizio; ma ebbe anch'egli non poca parte nell'avanzamento di quella scienza. La resistenza de' solidi alla rottura, la resistenza de' fluidi al movimento de' solidi, ed alcuni altri punti meccanici riceverono nuovi lumi dalle sue meditazioni. I problemi meccanici da lui proposti misero ne' sublimi geometri grand' ardore di sottilissime indagini. E' celebre particolarmente quello della *linea isocrona* e perchè fu riguardato come il primo trionfo del calcolo infinitesimale, e perchè servì molto ad avanzare le cognizioni della dinamica. Come per descrivere una curva, nella quale in tempi uguali percorra un mobile uguali spazj, bisogna intimamente conoscere ad ogni punto quale sia la forza del mobile, quali gli effetti, che dèe produrre quella forza in una discesa perpendicolare, e quali in una più o meno inclinata, così le soluzioni d'un tal problema dello stesso Leibnizio, dell' Ugenio, e del Bernoulli servirono ad arricchire di nuovi lumi la meccanica ugualmente che la geometrìa.

Leibnizio.

La famosa questione delle forze *vive* mossa dal Leibnizio, ed abbracciata al principio di questo secolo da' più valenti fisici e matematici; ed or abbandonata, e disprezzata come questione di voce, eccitò grand' ardore d'esaminare con esperienze, e con calcoli quale

Questione delle forze vive da lui promossa.

dovesse riputarsi la vera misura delle forze de' corpi. Il Cartesio, e tutti gli altri prendevano la forza de' corpi dalla loro massa, e dalla semplice velocità. Il Leibnizio fu il primo a riflettere su la diversità delle forze *morte*, ossia d' un corpo, che soltanto preme, ed è pronto a muoversi; e delle *vive*, ossia del corpo, che già è in moto; e determina le forze *morte* per la semplice velocità, e le *vive* pel quadrato della medesima (*a*). S' oppose al sentimento del Leibnizio l' abate Conti (*b*); ma era troppo debole avversario per potergli incutere gran timore. Risposegli nondimeno il Leibnizio (*c*); e vi fu ancora qualche nuova replica del Conti, e nuova risposta di lui: ma la misura, e la denominazione delle forze vive del Leibnizio non ottenne allora voga presso i matematici, finchè non la prese a difendere, e confermare con nuove ragioni Giovanni Bernoulli (*d*). Allora molti illustri filosofi e tedeschi, e d' altre nazioni entrarono nel partito leibniziano; e l' Erman, il Wolfio, il Bulfingero, il Poleni, lo s' Gravesande, il Muschembrock, e nella Francia stessa la famosa marchesa de Chatelet con dilicate sperienze, e con sottili calcoli gli recarono più valido e fermo appoggio, e più di tutti il Riccati con un intiero grosso volume lo munì

(*a*) *Act. Erud. Lips.*, *an.* 1636.
(*b*) *Nouv. de la Rep. des Lettr.*, *Sept.* 1786.
(*c*) Ivi *Febbr.* 1687.
(*d*) *Disc. sur les Loix dè la comm. du mouv.*

di tutti i soccorsi della matematica, e della fisica (a). Non mancavano a' cartesiani nomi illustri da opporre a' nominati leibniziani; gl' inglesi, e i francesi seguitarono a misurare le forze vive secondo la semplice velocità, e il Maclaurin nell' Inghilterra, e nella Francia il Mairan con molta forza d' ingegno, e copia di dottrina sostennero la loro causa: nell' Italia Francesco Zanotti, tanto superiore al Riccati nelle grazie dell' eloquenza, quanto inferiore nella forza del calcolo e della geometria, rispose con eleganti, ed ameni dialoghi a' profondi, ed aridi riccaziani; e il Boscovich contentandosi della forza d' inerzia volle dare il bando alle forze vive, e sciogliere così, o rompere il nodo della questione (b). Pure una disputa sì romorosa, che ha occupati tanti, e così illustri geometri e fisici, è ora abbandonata, e considerata come una mera questione di voce. Infatti tutti e due i partiti convengono in accordare alle forze vive i medesimi effetti: e come solo dagli effetti possiamo noi prendere la vera nozione delle forze, poco dèe importarci, che si dibattano nel ricevere, o no, il tempo, in cui si eseguiscono quegli effetti, per un elemento di tale misura, nel trarre questa dalla quantità degli ostacoli, che vince il mobile, o dalla somma delle resistenze, che oppongono al mobile tali ostacoli, e in altre sottigliezze, che niente interessano la

(a) *Dial. delle forze vive.*
(b) *Diss. de vir. viv.*

meccanica. Il d' Alembert (a) espone con molta chiarezza e precisione lo stato della questione, e conchiude forse un po' troppo aspramente, che presa nel suo vero aspetto non può *consistere che in una discussione metafisica molto futile, o in una disputa di parole più indegna ancora d' occupare i filosofi*. Ciò non pertanto l' esame di tal questione nelle mani di sì grand' uomini ha apportati alcuni lumi per la vera cognizione delle forze, che forse senza di essa sarebbono loro sfuggiti, ed ha servito non poco all' avanzamento della meccanica.

Proposta di problemi meccanici.

Di maggiore vantaggio le sono stati i problemi meccanico-geometrici, che a que' tempi si proponevano i matematici. Per descrivere la curva catenaria, per la velaria, per l' elastica, per la brachistocrona, e per l' altre curve, che allora si rintracciavano, bisogna attentamente ponderare le forze d' ogni particella in ogni luogo, e ad ogni momento, e si richiedono tanti riguardi, e tante cognizioni meccaniche, che non v' è voluto meno che la perspicacia d' un Newton, d' un Leibnitz, de l' Hôpital, de' Bernoulli per potere esattamente risolvere questi problemi; e certo coll' esame, e collo scioglimento di essi si sono ritrovate molte meccaniche verità, e si è introdotto uno spirito analitico nella meccanica, che l' ha preparata a ricevere quel nuovo stato, in cui si vede presentemente. La richiesta brevità in tanta vastità di materia ci obbliga a passare

(a) *Trait. de Dynam.* Préfac.

in silenzio molti meccanici, che allora fiorirono, e molte scoperte, che ogni dì si facevano: ma come non mentovare il celebre Varignon, che nella sua *Nuova meccanica*, e nelle *Memorie dell' Accademia delle Scienze di Parigi* mise in tutto il suo lume il principio della composizione de' movimenti, e ne ricavò tutti i resultati, e trattò tanti punti della statica, e della meccanica con quella generalità, a cui egli innalzar soleva tutti i soggetti, che prendeva ad esaminare? Nuovo campo aprì a' meccanici l'Amontons colla dottrina degli sfregamenti, illustrata poi viemaggiormente da' fisici e da' geometri, e recentemente con maggior apparato di sperienze fatte in grande, e con tutta la sodezza, e severità della geometrìa ampiamente trattata dal Ximenez (*a*). Nuovi principj, nuove dimostrazioni, nuove verità ha presentato l' Erman nella sua *Phoronomìa*, ed al merito delle proprie invenzioni ha unito quello della sposizione delle altrui scoperte, e quello d' avere ridotto ad un corpo di dottrina la statica, la meccanica, l' idrostatica l' idraulica, tutta la scienza dell' equilibrio, e del movimento. Finora i geometri, compresi dal piacere di risolvere nuovi problemi, non avevano pensato ad esaminare l' evidenza, che avevano i principj della meccanica; e se realmente fosse, quale, e quanta era necessaria per servire di base ad un sistema di cognizio-

Varignon *Amontons.* *Erman.*

(*a*) *Teor. e Pratic. delle resistenze de' solidi ne' loro attriti.*

ni veramente scientifiche. Daniele Bernoulli entrò in questo esame, dimostrò rigorosamente il principio della composizione, e decomposizione delle forze, che tendono a concorrere in un punto, e ne ricavò moltissime nuove cognizioni (a); rischiarò altri principj, e diede loro maggior estensione; venne a risolvere problemi, e lor impose nuove condizioni, e circostanze, che li rendevano più difficili, e seppe ridurli ad equazioni generali, e sciorli nella maggiore generalità. Il Mariotte, lo s'Gravesande, il Muschembroek, il Desaguliers, ed altri fisici diligenti, e forniti de' lumi della geometrìa con sottili e concludenti sperienze confermavano, ed illustravano, e talor anche correggevano, e rettificavano la dottrina meccanica de' geometri. Così in varie guise con fisiche e con geometriche dimostrazioni si dava splendore alla meccanica, e colle analitiche soluzioni di tanti problemi meccanici vi s'introduceva lo spirito dell'analisi. *Daniele Bernoulli*

In questo ardore di problemi meccanici, di meccaniche ricerche, di scoperte meccaniche, di studio, e d'entusiasmo meccanico, quando il Galileo aveva creata la scienza dell'accelerazione de' gravi, e de' movimenti, che ne derivano, l'Ugenio aveva fissate le leggi della comunicazione del moto, delle vibrazioni de' pendoli, del centro d'oscillazione; il Newton aveva regolato i movimenti circolari, e le resistenze de' mezzi, ed aveva resa arbitra de' *Eulero.*

(a) *Comm. Acad. Petr.* tom. I.

cieli la meccanica; l' Amontons aveva formato un nuovo ramo di meccanica colla dottrina degli attriti; il Varignon aveva semplificata tutta la statica, e ridotte le meccaniche cognizioni a maggiore generalità; il Leibnizio, l' Hôpital, i Bernoulli, il Maclaurin, il Tailor, il Fontaine, ed altri geometri non ad altro pensavano che a' problemi meccanici; l' Erman aveva formato un corpo di dottrina, benchè troppo ristretto, delle meccaniche cognizioni; Daniele Bernoulli aveva dimostrati, e ridotti ad evidenza geometrica alcuni principj meccanici; quando in somma tutto respirava ardore meccanico, tutto mostrava accesa brama, ed inquieta premura degli avanzamenti della meccanica, comparve al suo ingrandimento, ed a maggiore suo splendore l' Eulero. Fedele questi alla diletta sua analisi, volle anche introdurla, e farla dominare nella meccanica. L' Ugenio, il Newton, l' Erman, e tutti gli scrittori di meccanica l' illustrarono con esatte e scientifiche dimostrazioni; onde restavano bensì i lettori persuasi e convinti della loro verità, ma non prendevano, come confessa di sè stesso l' Eulero (*a*), una chiara e distinta idea da poter risolvere le stesse questioni, qualora si presentassero con qualche leggiero cambiamento. Venne l' Eulero, e provandosi a trattare analiticamente le proposizioni sinteticamente dimostrate dal Newton, e dall' Erman, vide accrescersegli molto le cognizioni,

(*a*) *Mech.* Præf.

ed

ed estendersi lungamente le sue vedute; onde raccogliendo, e trattando alla stessa guisa l' altre verità da altri qua e là disperse, che riguardavano quella scienza, avvenendosi in nuove questioni non ancora toccate da altri, e sciogliendole felicemente, ritrovando nuovi metodi, e scoprendo nuove verità, diede al pubblico una meccanica, dove tutta la scienza del moto si vide per la prima volta ridotta all' analisi; ed il felice uso, ch' egli ne fece, meritò a questo metodo la preferenza, che ha poi continuamente ottenuta sopra tutti gli altri. Questo solo vantaggio rendeva già l' Eulero grandemente benemerito della meccanica; ma ve n' erano anche molt' altri, che gli facevano uguale onore. Non v' era problema meccanico, a cui egli non ricercasse una soluzione, ed a cui non apportasse qualche maggiore illustrazione, e notabile accrescimento. Sviluppò più chiaramente il principio delle velocità virtuali, quale l' aveva esposto il Bernoulli, e gli recò maggiore generalità (*a*). Esaminò il problema del centro d' oscillazione, e il principio, su cui fondava l' Erman la sua soluzione (*b*); rese più generale questo principio, e l' applicò alla soluzione di varj problemi risguardanti le oscillazioni de' corpi flessibili, ed inflessibili (*c*). Contemporaneamente a Daniele Bernoulli trovò il principio, che i meccanici chiamano *della conservazione del mo-*

(*a*) *Ac. Berl. an.* 1751. (*b*) *Phronom.*
(*c*) *Comm. Ac. Petr.* tom. VII.

mento del moto di rotazione, e lo spiegò colla sua solita profondità (*a*). Esaminò il principio *della menoma azione*, non bene stabilito dal Maupertuis, e lo riguardò in un aspetto più generale e rigoroso, che gli fa meritare l' attenzione de' geometri (*b*). Il problema, che cerca il moto d' un corpo gettato su lo spazio, e tirato verso due punti fissi, è divenuto celebre pel felicissimo uso, che vi fece l' Eulero delle sostituzioni, e pe' risultati, che ne ricavò. Il famoso problema de' tre corpi, quello delle trajettorie ortogonali, e mille altri si vedono sciolti da lui col superior suo magistero. In somma non v' era problema, che non si trasformasse nelle sue mani, e vestisse nuove sembianze, e non gli servisse a produrre nuove verità; nè v'è principio meccanico, che non abbia ricevuto da lui maggior lume, e non siasi colle sue illustrazioni reso più utile, e più sicuro. Ma principalmente la dottrina del moto de' solidi, ch' ei chiama rigidi (*c*), e noi potremo dir duri, e singolarmente del moto loro di rotazione, che vasto campo non gli aprì da far nascere nuovi rami di dottrine meccaniche, e da cogliere nuove verità? La cognizione de' corpi meccanicamente considerati consiste principalmente, come dice lo stesso Eulero (*d*), nel conoscere il loro centro d' inerzia, e gli assi lor principali. Per quan-

(*a*) *Opusc.* tom. I. (*b*) *Tract. de Isoperim.*
(*c*) *De motu corp. rigid.* cap. I.
(*d*) Ibid. cap. VIII.

to perturbato sia un movimento, si può sempre risolvere in progressivo, che si prende dal centro d'inerzia, e in rotatorio, che volgesi intorno all' asse. Quindi esaminati il centro d' inerzia, e il moto, che ne deriva, prende l' Eulero ad esaminare distintamente gli assi de' corpi, e le loro osservabili proprietà. Non erano conosciute le forze, che l' asse sostiene, o che deono applicarsi perchè questo si conservi nel suo sito; ed egli con particolare attenzione osserva in tutti i casi diversi le forze, che l' asse ha da sostenere, e discute anche quei casi, in cui non sostiene veruna forza. In tutti i corpi trova tre assi principali, cioè tre assi, ne' quali il momento dell' inerzia sia il massimo, e il menomo; e la sua analisi lo conduce al bel teorema, dato già dal Segner (*a*), che un solido di qualunque siàsi figura può girare liberamente intorno a tre assi fra loro perpendicolari, e gli fa vedere le particolari proprietà di questi assi. Il moto progressivo di tali corpi, il moto di rotazione, il moto misto dell' uno e dell' altro, le forze che producono tali moti, la variazione di questi moti, e le forze che li fanno variare, l' applicazione a' moti de' corpi celesti, ed a que' delle trottole, delle culle, e d' altri corpi terrestri, e quanto v' è d' utile e di curioso in tali moti, tutto viene trattato dall' Eulero colla solita sua accortezza e profondità. La sottile sua analisi gli presenta l' equa-

(*a*) *Specimen. theor. Turbinum.*

zione generale del moto d' un corpo, qualunque siasi la sua figura, e qualunque le forze, che agiscono sopra i suoi elementi, e sopra ciascuna delle sue parti, e lo conduce alle più sublimi e fine scoperte; e l' Eulero dovrà riputarsi il vero maestro del moto di rotazione, come il Newton del circolare, e il Galileo della discesa de' gravi. Un nuovo ramo della scienza del. moto, un notabile miglioramento e raffinamento di tutti gli altri, e sopra tutto una nuova maniera di riguardar la meccanica, ossia la meccanica ridotta all' analisi, rendono l' Eulero tanto benemerito di questa, come di tutte l' altre parti della matematica, e gli danno viemaggiore diritto di pretendere sopra tutte l' impero universale.

Francesi meccanici. Intanto che l' Eulero maneggiava da padrone e principe tutte le parti della meccanica, gli presentava la Francia un rivale, che poteva contendergli il principato. L' Accademia delle Scienze di Parigi non voleva essere ad alcun'altra inferiore nel coltivare la meccanica, ed ancor dopo il Mariotte, il Varignon, l' Amontons aveva il Maupertuis, il Bouguer, il Mairan, il Camus, ed alcuni altri, che con nuovi principj, nuove dimostrazioni, nuove sperienze, ed altre nuove scoperte cercavano d' arricchirla. Il problema delle *trattorie* discus-

Clairaut so dal Fontaine eccitò il genio del Clairaut ad illustrare i problemi meccanici. Un altro pio postogli dal Klingistierna gli fece esaminare alcuni punti, in cui si unisce la fisica colla meccanica. Le oscillazioni d' un pendolo,

che non si fanno in un piano, il problema de' tre corpi, oggetto dell' attenzione de' più profondi geometri, la determinazione dell' orbita terrestre, la teorìa delle comete, il maneggio delle navi, e varie altre materie diedero campo al Clairaut da mostrare, che non era egli men profondo meccanico che sottile geometra. Ma non era ancora questi l' emulo dell' Eulero pel principato meccanico. Il d' Alembert fu realmente l' unico, che potesse entrare con lui in competenza: la sua dinamica, il trattato della precessione degli equinozj, ed alcuni altri suoi opuscoli gli davano diritto di sedere al fianco del grand' Eulero. Trovava egli la maggior parte de' principj della meccanica od oscuri per sè stessi, od annunziati, e dimostrati d' una maniera oscura, onde davano luogo a molte questioni spinose; e si mise a didurre i principj dalle nozioni più chiare, ed applicarli a nuovi usi. Il principio da lui ritrovato, che riduce alla considerazione dell'equilibrio tutte le leggi del moto, è stato l' epoca d' una gran rivoluzione nelle scienze fisico-matematiche. Consiste questo, come egli stesso lo espone (a), in ritrovare ad ogni istante il moto d' un corpo animato da un numero qualunque di forze col riguardare il moto, che aveva nell' istante precedente, come composto d' un moto, ch' è distrutto da quelle forze, e d' un altro moto, ch' ei dèe prendere realmente, e che dèe essere tale,

Alembert

(a) *Richer, sur la preç. des Equin. eç. Introd.*

che le parti del corpo possano seguirlo senza nuocersi mutuamente l' une alle altre. Veramente la prima idea di questo principio si può attribuire a Giacomo Bernoulli, il quale nella ricerca del centro d' oscillazione de' pendoli considerò i moti impressi come composti di quelli, che i corpi possono prendere, e di que' che deono distruggersi. Ma il d' Alembert riguardò questo principio d' una maniera generale, gli diede la semplicità, e la fecondità, che gli convengono, e ne fece felicissime applicazioni. La teorìa dell' equilibrio e del moto de' fluidi, e tutti i problemi fin allora risolti da' geometri, erano diventati corollarj di questo suo principio. Restavagli a dare un mezzo d' applicare il suo principio al moto d' un corpo di qualunque figura, e da forze qualunque sieno animato. Diedelo nel suo trattato della precessione degli equinozj, e poi negli opuscoli (a), e l' applicò felicemente a spiegare, determinare, e combinare i due fenomeni astronomici della precessione degli equinozj, e della nutazione dell' asse terrestre, e a fare così incontrastabilmente trionfare il Newton, e l' attrazione. Contemporaneamente cercava l' Eulero la soluzione del medesimo problema di determinare il moto del corpo da quali che sieno forze sollecitato, e lo trovò per via tanto diversa, che quantunque confessi avere veduto il trattato della precessione degli equinozj dell' Alembert, non può entrare in sospetto d' aver-

(a) Tom. I sec. mem.

ne prese da lui le tracce, nè molto meno, ne dèe venire accusato come plagiario; ma benchè g oria sia d'amendue l'avere sciolto per vie diverse un sì difficile problema, sempre però n'appartiene al d'Alembert l'onore del primato. La dottrina della resistenza de' mezzi fu da lui trattata con una profondità ed estensione, quale non vi s'era adoperata da nessuno scrittore di meccanica (*a*), ed applicata alla soluzione di problemi, che nessun altro ardiva toccare (*b*). Il problema de' tre corpi, varie questioni su l'attrazione, e le ricerche su varj punti del sistema del mondo gli diedero campo di portare nuovi lumi alla meccanica; e si può dire con verità, ch'è opera della sua sottigliezza e profondità la raffinatezza e perfezione, a cui or è condotta questa scienza. In questo stato della meccanica dopo l'Eulero, ed il d'Alembert non parlerò di don Giorgio Juan, tuttochè l'abbia trattata anch'egli col più esatto calcolo, e colle più attente sperienze, ed abbia in varj punti opportunamente corrette le teorìe de' geometri (*c*); non del Riccati, che solo ha lasciato un saggio d'una nuova meccanica, che meditava (*d*); non del Frisio, benchè ricco di calcolo, e di geometrìa; non del la Place, che in

(*a*) *Essai d'une nouv. thèor. de la resist. des fluides*.
(*b*) *Opusc.* tom. I p. trois mem.
(*c*) *Exam. marit.* ec. tom. I.
(*d*) *Lett. de' principj della Mecc.*

tante memorie accademiche ha presentate le più fine viste meccaniche, accompagnate da tutta la sottigliezza analitica; non del Ximenez, del Lorgna, e d' altri moderni, che alcuni punti particolari hanno dottamente trattati; e solo fermerà la nostra attenzione la meccanica analitica del la Grange, la quale non è un trattato di meccanica, come tant' altre meccaniche, ma può dirsi piuttosto un' arte di trattare la meccanica, non entra ad esaminare il moto, e cercarvi alcune nuove verità, ma prende di mira la stessa scienza, e riduce la sua teorìa, e l' arte di risolvere i problemi, che le appartengono, a formole generali, il cui semplice viluppo dà tutte le equazioni necessarie per la soluzione di ciascun problema, e rende insomma la meccanica un nuovo ramo dell' analisi. Propone, e spiega il la Grange i principj della statica, e della idrostatica, della dinamica, e dell' idrodinamica, dà le formole generali per l' equilibrio, e pel movimento, ne deduce le proprietà generali, propone i metodi di trovarvi le equazioni, scioglie i problemi, e presenta tutta la meccanica assoggettata alle operazioni algebraiche, e ridotta a maggiore facilità.

La Grange.

In questo stato di raffinamento, esattezza, e facilità vedesi presentemente la meccanica: tratti i suoi principj in formole generali, ritrovate le equazioni per la soluzione de' suoi problemi, e ridotta tutta la scienza ad analitiche operazioni, sembra, che niente manchi al suo avanzamento, se non ciò che manca all'

all' analisi, di cui si serve. Pure sarebbe da desiderarsi, che mentre i sommi geometri si sollevano a cercar formole, ed equazioni generali, onde scoprire i movimenti più complicati, e sciogliere le più insuperabili difficoltà, ve ne fossero altri attenti osservatori della natura e delle arti, che esaminassero i fatti, e raccogliessero dati, su cui poter innalzare le teorìe, ed applicarvi le algebraiche operazioni. Talora le speculazioni meccaniche de' geometri sono mancanti di verità, perchè non sono appoggiate alle osservazioni; talor anche essendo vere, e curiose, rimangono inutili, perchè non possono applicarsi alla vera cognizione de' fatti, nè agli usi della natura e dell' arte. Quante bellissime teorìe de' più valenti geometri non esclude il dotto Juan (a), smentendole incontrastabilmente colla pratica? Lo stesso Newton conoscendo la necessità delle sperienze per istabilire le teorìe, dopo averne fatte, e replicate moltissime intorno alle oscillazioni de' pendoli, mostra il suo desiderio, che se ne facciano ancora molte più; che si ripetano quelle stesse; che se ne inventino altre diverse, e che tutte si eseguiscano con maggior diligenza ed accuratezza (b). Quanto maggiori progressi non potrebbe or vantare la meccanica, se i filosofi nelle loro meccaniche speculazioni fossero stati più attenti a raccogliere fatti, moltiplicare sperienze, verificar osserva-

(a) *Exam.* ec. tom. I, Prologo, e altr.
(b) *Princ. Math.* tom. II, sez. VI.

zioni, ed avessero presa per guida de' loro calcoli l' osservazione, e la pratica! Or la meccanica si è levata a regolatrice delle altre scienze, ed è diventata la chiave per entrare ne' secreti della natura: ormai tutte le scienze fisico-matematiche si possono riguardare come tanti problemi meccanici: pure i meccanici geometri non danno alle loro ricerche la conveniente estensione, e prendono comunemente per oggetto, e fine delle loro speculazioni i movimenti de' corpi celesti, e le astronomiche teorie. Quante nuove verità non si presenterebbero a' loro sguardi, se discendendo da' cieli contemplassero su la terra l' infinita varietà di forze, e di movimenti, che la natura, e l' arte producono, e la cui cognizione, se non è tanto sublime e nobile come quella de' moti celesti, può forse essere più utile, e non è certo meno curiosa? La forza della percossa, la coerenza de' corpi, e parecchj altri punti dinamici non sono ancora ben conosciuti, ed interessano la società non meno che i movimenti celesti. Che vantaggj non dovrebbono sperare le arti e le scienze, se la meccanica estendesse le sottili sue meditazioni sopra tutti i soggetti, che le appartengono! Noi intanto ci compiacciamo de' miglioramenti analitici recati da' moderni geometri alla meccanica; le desideriamo maggior estensione nelle ricerche, e maggiori ajuti della pratica, e dell' osservazione, e passiamo a contemplare l' idrostatica, che è una parte della meccanica.

CAPITOLO VI.

Dell' Idrostatica.

L' idrostatica, e generalmente tutta la scienza dell' equilibrio è del moto de' fluidi può considerarsi, ed è realmente una parte della meccanica, benchè talora regolata con alcuni principj alquanto diversi. Noi avendo ora trattata la meccanica de' solidi, spediremo brevemente quella de' fluidi, che ha quasi sempre seguito lo stesso corso. Archimede è anche il primo maestro, o creatore dell' idrostatica, come abbiamo detto che lo è stato della statica. Vanta in quella, come in questa molte macchine, e molte invenzioni, ma trae la principale sua gloria da' principj scientifici, che ha ritrovati. Egli c' insegna, che i solidi più pesanti posati su un fluido verranno a fondo, que' d' uguale peso s' immergeranno senza profondarsi, ed i più leggieri resteranno a galla, anzi messi nel fondo saranno rispinti all' insù con una forza uguale al grado di gravità, in cui il solido è superato dal fluido; dà le leggi dell' equilibrio di diversi solidi generati da sezioni coniche più leggieri de' fluidi, in cui sono immersi; e spiega i casi, in cui queste conoidi resteranno inclinate, in cui si terranno diritte, ed in cui si rivolgeranno, e si raddirizzeranno; e in tutto mostra quella sottigliezza e sublimità d' ingegno, che lo fanno

Origine dell' idrostatica.

Archimede.

la maraviglia de' posteri; in tutto parla con una sodezza e profondità, che in tanto lume di meccaniche, e geometriche cognizioni poco o nulla vi hanno potuto aggiungere in questi punti i moderni. Dopo Archimede dovremo anche qui discendere con lungo salto a' secoli più vicini. Perchè sebbene Erone, Ctesibio, ed altri greci inventarono ingegnose macchine idrauliche, e pneumatiche, non però arricchirono l' idrostatica con nuove teorie; e Vitruvio, Frontino, ed altri latini mostrano bensì cognizione delle leggi dell' equilibrio, e del moto delle acque, ma contenti di servirsene nella pratica ne' grandiosi loro acquedotti, e in altre operazioni, non si curarono di rischiararle co' loro scritti, nè d' accrescere quella scienza colle loro teoriche invenzioni. Gli arabi, più portati per le matematiche specolazioni, coltivarono con maggiore diligenza gli studj idrostatici, e i soli titoli di due opere d' Alkindi, che si riportano nella *Biblioteca arabica de' filosofi*, cioè delle cose che galleggiano nell' acque, e di quelle che in esse s' immergono, provano abbastanza, che non attendevano soltanto alla pratica degli utili loro canali, ed acquedotti, ma si dedicavano altresì alle idrostatiche teorie. Ma qualunque sieno stati i loro studj, non è giunta a nostra notizia veruna loro scoperta idrostatica. Il primo dopo Archimede, che abbia recato a questa scienza qualche avanzamento, è stato lo Stevin, il quale, diretto probabilmente dalla dottrina stessa d' Archimede, esaminò la pressio-

Altri greci e latini

Arabi.

Stevin

ne d'un fluido sul fondo, e su' lati del vaso, in cui è rinchiuso, e scoprì il paradosso della pressione del fluido ne' vasi convergenti, che può essere molto maggiore del proprio peso; e con più profonde disquisizioni determinò ugualmente la pressione de' fluidi su' lati verticali od inclinati, e su qualunque parte di essi (a). Archimede, e lo Stevin aprirono la via per introdursi nell'idrostatica; ma furono superati dal Galileo, il quale può riputarsi il primo vero maestro di quella scienza. Egli riduce la statica de' fluidi a' medesimi principj di quella de' solidi, e co' pesi, e colle velocità spiega l' equilibrio de' fluidi fra loro, e de' medesimi co' solidi. Quindi non solo abbraccia, e per nuove vie dimostra le proposizioni d' Archimede, ma ne scopre molte nuove e curiose verità; diduce il teorema, che la mole dell' acqua, che si alza nell'immergere un solido, o che s' abbassa nell' estrarlo, è minore della mole d' esso solido demersa o estratta, ed ha ad essa la medesima proporzione, che la superficie dell'acqua circonfusa al solido alla medesima superficie circonfusa insieme colla base del solido; e conchiude pertanto, che un solido potrà immergersi tutto sotto l' acqua senza sollevare nè anche la vigesima parte della sua mole, e che all' incontro piccolissima quantità d' acqua potrà sollevare un grandissimo solido; riporta molte interessanti curiosità su' fenomeni, che avverranno a' solidi Galileo.

(a) Stevini *Hypomnem. Mat.* tom. III.

di figure diverse posati sull' acqua, e dimostra, che non la figura de' solidi, ma soltanto la loro specifica gravità li farà galleggiare, od immergersi. Dalla teorìa de' solidi immersi ne' fluidi, e nella parte del peso, che in essi perdono, anzichè, come pensò Vitruvio (a), dalla mole d'acqua scacciata dal solido immerso, dovè ricavare Archimede la vera quantità d'oro, e d'argento della corona del re Jerone; e dalla medesima teorìa prese il Galileo argomento di formare la sua bilancia idrostatica, nella quale mettendo all'un braccio un peso lasciato all'aria, e all'altro braccio sospeso altro solido di peso uguale immerso in un fluido dalla parte del peso, che questo perderà, si potrà didurre la sua specifica gravità: e questa bilancetta del Galileo è stata la madre di quelle del Castelli, e del Viviani, e di tant' altre bilancie idrostatiche, che hanno poi con tanto frutto servito ad esaminare i pesi, non solo de' solidi, ma molto più de' liquori. Così il Galileo con tanti bei lumi su l'equilibrio de' fluidi si può giustamente dire il primo vero maestro dell' idrostatica. Ma che non avrebbe potuto sperare da lui l' idraulica, e quanti lumi non avrebbe egli recati al movimento de' fluidi, se avesse lasciato scritto quanto su tale materia aveva meditato, ed aveva intenzione di sporre al pubblico? La sola lettera sopra il fiume Bisenzio c' insegna parecchie verità su due canali d' uguale pendenza,

(a) Lib. IX, c. III.

ma di diversa lunghezza, l'uno tortuoso, l'altro diritto, e su la velocità dell'acqua in tali canali, e nelle variazioni di direzione; e parla con tale possesso e maestrìa della materia, che mostra saperne assai più di quello che scriveva, ed essersi inoltrato non meno nell'idraulica, che nell'idrostatica. Non giovò a queste scienze il Galileo solamente co' proprj studj; ma forse ancora recò loro maggiore vantaggio cogli eccitamenti, che diede a' suoi discepoli per coltivarle con profitto: il Castelli, il Torricelli, il Viviani, il Cavalieri, ed altri eruditi conoscitori del moto, e dell'equilibrio dell'acqua uscirono dalla scuola del Galileo. Al Castelli dobbiamo un nuovo ramo d'idraulica *Castelli.* colla teorìa, che v'introdusse della misura delle acque correnti, nella quale c'insegnò a calcolare la diminuzione del volume prodotto dalla velocità, dagli altri non osservata. Il Torricelli aprì anch'egli un nuovo campo a *Torricelli.* questa scienza, ricercò il moto, e la velocità, per dir così, *virtuale* d'un fluido non ancor conosciuta, e determinolla fissando, che non solo un fluido corrente avrà come il solido una velocità corrispondente all'altezza, onde discende, ma che il fluido rinchiuso in un vaso sortendo da un foro aperto nel detto vaso avrà una velocità uguale a quella d'un solido, che fosse disceso all'altezza del livello del fluido, e che l'acqua escendo da una fontana salirà sempre, levati gl'impedimenti, ad una altezza uguale al livello di quella del serbatojo. Più ancora giovò il Torricelli all'

idrostatica; ed a tutta la fisica colla celebratissima invenzione del barometro. Il Galileo aveva osservato, che l'acqua nella tromba, e generalmente nel vuoto ascende trentadue piedi e non più: volle provare il Torricelli se questa osservazione verificavasi a proporzione negli altri fluidi, e trovò infatti, che il mercurio, 14 volte in circa più pesante dell' acqua, non ascendeva che a 27 o 28 pollici, e riflettendo su la cagione di questo fenomeno, trovò, che la colonna d' aria atmosferica, che preme sul mercurio del reservatorio del barometro, è quella, che fa innalzare nel cannello il mercurio fino a mettersi in equilibrio. Questa scoperta del Torricelli fu poi incontrastabilmente confermata dal Pascal, il quale colle note sperienze del Monte Puy-de-Dome, e della Torre di san Giacomo di Parigi provò, che quanto più si va in alto, e più piccola per conseguenza diviene la colonna dell' aria atmosferica, che preme sopra il mercurio nel vaso del barometro, tanto meno ascende il mercurio nel tubo. Quindi i fisici sono passati a misurare col barometro l' altezza dell' atmosfera, benchè non sieno giunti a determinarla con precisione, e possono col medesimo assai esattamente fissare le altezze delle montagne, conoscere le variazioni dell' atmosfera, e ricavare varj usi molto giovevoli alle scienze ed alla società, e tutto ciò rende sempre più gloriosa, ed utile l' invenzione del Torricelli. Il Viviani, il Michelini, il Borelli, e tutta l' Accademia del Cimento con iscoperte,

con

con isperienze, e con trattati hanno molto illustrata la materia delle acque; e l' idrostatica riconosce dal Galileo, e dalla sua scuola, dalla Toscana, e da tutta l' Italia i primi quasi, e migliori suoi lumi.

I francesi. Non era però ristretta alla sola Italia la cultura dell' idrostatica; la Francia parimente si rese molto benemerita di questa scienza. Lascio le speculazioni varie su' fluidi, alle quali si rivolse qua e là nelle sue opere il Cartesio, e nelle quali, benchè soltanto perfuntoriamente toccate, sparge, come in tutti gli altri punti, non poche utili cognizioni. Lascio i *fenomeni idraulici* del Mersenno, tuttochè in essi non poche utili sperienze si leggono. Ma il Pascal, ed il Mariotte hanno in verità tutto il diritto per riporsi tra' primi maestri di quella scienza. *Pascal.* Il Pascal, autore delle sopraddette esperienze barometriche, lo fu altresì del primo trattato, dove alcune proprietà dell' equilibrio de' fluidi si dimostrano con rigore geometrico (a). *Mariotte.* Più avanti andò il Mariotte, e si è meritato più lo studio de' posteriori idrostatici. I primi italiani non avevano preso che qualche punto particolare per oggetto delle loro ricerche, e sebbene vi avevano recata gran sottigliezza d' ingegno, e diligenza d' osservazione, pure privi d' opportuni stromenti per le convenienti sperienze, nè ajutati co' lumi degli anteriori geometri, come suole accadere a' primi illustratori di qualunque

(a) *Traitè de l' equil. des liqu.*

scienza, non fecero che assaggiare le materie, diradare le tenebre, spargere qualche lume, ed aprire ad altri le vie di stabilire la verità. Il Mariotto, ajutato da' principj, e da' ritrovati degli anteriori idrostatici, co' lumi della geometrìa, col sussidio degli stromenti potè con replicate ingegnose sperienze, e con giusti ragionamenti stabilire sode teorìe su l' equilibrio, e sul moto delle acque, fissare le velocità nell' altezze diverse, e quindi determinare la quantità, che esce da un vaso, o corre per un canale, e ci lasciò in questa parte un corpo di dottrina assai compiuto, ed un' opera classica e magistrale. Il Varignon, il Parent, il Pitot, e varj altri francesi trattarono chi un punto, chi un altro, ed illustrarono in varie guise l' idrostatica e pratica, e teorica. Sembrava nondimeno, che dovesse rimanere all' Italia la gloria di scoprire più accertatamente gli andamenti delle acque: l' Italia, che tanto profitto, ed anche tanto danno risente dalle acque, era in dovere, ed in necessità di spiare attentamente i movimenti delle medesime, e di fissare con giustezza le loro leggi. Le controversie fra le provincie e potenze finitime per ottenere il godimento delle acque, e per ischivare i loro danni obbligavano i più rinomati geometri a studiare con attenzione queste materie, e talor producevano utili e gloriose scoperte. Il Montanari, più conosciuto per altre sue osservazioni, si fece anche buon nome per lo studio, e per le osservazioni delle acque, di quelle singolarmen-

Altri [illegible]ani.

Montanari.

te, che alla Laguna di Venezia appartengono. Il gran Cassini in mezzo alle sue celesti speculazioni fu anch' egli destinato ad esaminare le acque, e contemplò i lor canali, e i lor movimenti collo stesso ingegno, e colla stessa esattezza, con cui era solito di riguardare le orbite, e i movimenti de' pianeti, e la costituzione de' cieli. Ma il Cassini, già abbastanza ricolmo di gloria per le sue teorie su le stelle, lasciò ad altri quella di darle su' fluidi. Il Guglielmini fu il vero direttore delle acque, misurò le correnti, esaminò la natura de' fiumi, e fu, per così dire, il Cassini delle acque. Aveva il Castelli dato principio alla misura delle acque correnti, e vi aveva calcolata la velocità da altri non contemplata; ma non era andato più oltre ad esaminare le differenze delle velocità, diverse nelle superficie, nel mezzo, e nel fondo; il Guglielmini l' ha esaminata in tutte le sue diverse situazioni, e con replicate esperienze, e con fisici e geometrici ragionamenti ha stabilite le sue leggi per la misura delle acque correnti, ed ha formato una scienza dell' idrometria. Più originali sono state le sue speculazioni su la natura de' fiumi; e la sua opera su questa materia è stata detta dal Manfredi (*a*) non pure originale, ma unica nel suo genere, e nella quale non una, ma due scienze s' insegnano; una intorno alle acque, e l'altra intorno agli alvei de' fiumi. La scienza delle acque non

Cassini

Guglielmini.

(*a*) Pref. all' Annot.

poteva dirsi assolutamente nuova, essendo già stata trattata e dal Castelli, e dal Torricelli e dal Mariotte, e da alcuni altri, e dallo stesso Guglielmini, benchè anche in essa avesse egli qui saputo fare molti avanzamenti, correggere errori, e trovare nuove verità. Ma la scienza intorno agli alvei de' fiumi, quella che considera le direzioni, le declività, le larghezze, le diramazioni, le sboccature, e l'altre particolarità de' detti alvei, era talmente nuova, che neppur s'erano avvisati i filosofi potersi sopra ciò dare una scienza. Il Guglielmini fu il primo, che riflettesse, che il nascere, e fermarsi degli alvei, essendo opera della natura, doveva soggiacere alle sue leggi costanti; che dalla forza delle acque, e dalla resistenza della materia, che forma il letto degli alvei, dovevano prendersi quelle leggi; che nell' adoperarsi la forza contro la resistenza l'una e l'altra sono variabili, e cresce l'una, o all' opposto scema nello scemare, o crescere dell' altra, e con questi principj s'applicò a ricercare le vere leggi, che segue la natura nella formazione, ed alterazione degli alvei, e a ritrovare una compita teorìa di essi, ed un' arte ben fondata per regolarli. La situazione, ossia la profondità, larghezza, e declività de' fondi, la diversa loro natura, or d'arena, or di ghiaja, or di sassi, or d'altro, la rettitudine, o tortuosità degli alvei, l'escrescenza, e decrescenza, lo sbocco d'un fiume in altro, gli effetti della loro unione, gli scoli delle campagne, le nuove inal-

veazioni, tutto in somma quanto riguarda la natura de' fiumi, e l'arte di regolarli, è stato da lui osservato con acutezza d'ingegno, e con maturità di giudizio; e se non ha potuto cogliere in tutto la verità, in tutto però ha sparsi molti utili lumi, ed ha aperte le vie, e segnate le tracce per rinvenirla.

Le speculazioni degli or nominati idrostatici erano fondate nelle osservazioni, e sperienze, e dirette da una piana ed elementare geometrìa tendevano all'uso pratico, ed alla popolare utilità; prese allora un più alto volo l'idrostatica, e guidata da una più sublime, e trascendentale geometrìa appoggiata alla natura stessa del movimento, ed alle proprietà particolari de' fluidi, stabilì principj più astratti, e dettò leggi più universali. Il Newton diede all'idraulica quella impronta di certezza, e d'evidenza geometrica, che soleva imprimere su quante materie prendeva a trattare (a). La pressione de' fluidi per ogni verso sopra loro stessi, e sopra i solidi; la densità de' medesimi prodotta dalla pressione superiore; la resistenza al moto de' solidi; la forza per movere questi, e mille altre verità furono in poche pagine da lui esposte, e dimostrate colla solita sua severità. L'osservazione non tanto della cataratta, quanto della vena contratta nell'uscita dell'acqua per l'apertura d'un vaso ha corrette le misure degli anteriori idrostatici, ed ha fissate nuove leggi all'idrometrìa. Il Ma- *Newton.*

(a) *Princ. Math.* ec. lib. II, sez. v. ec.

claurin illustrò, e sostenne con tutto il rigore geometrico la cataratta, e tutta la dottrina idraulica del suo maestro (a). Il marchese Poleni (b), e Daniele Bernoulli (c) esaminarono con severo e giusto rigore la nuova misura del Newton, e la trovarono conforme alla verità; e sebbene credettero, come hanno anche creduto più recentemente il Bossut (d), ed il Mari (e), poterle apporre alcune variazioni, e ridurla a maggiore giustezza nelle diverse circostanze de' vasi, e de' fori; la scoperta però di quella misura sfuggita agli altri idrometri tutta deesi alla sottile penetrazione del Newton. Che se Giovanni Bernoulli (f), ed il d'Alembert (g) hanno rigettata, e combattuta la cataratta, e la dottrina del Newton, e del Maclaurin, non hanno perciò ottenuto, che venga affatto abbandonata dagl' idrostatici, nè lasciano eglino stessi di commendare con molte lodi l'ingegno dell' inventore. La velocità dell' acqua, che sorte in qualunque siasi direzione, e qualunque sia la figura del lume o foro, la forza, da cui è generato tutto il moto dell' acqua, la pressione sul resto del vaso, e mille altre curiose, ed utili teorie sono da lui colla solita sua sottigliezza discusse. Il

---

(a) *Traitè des flux*. tom. II.
(b) *De Castel. et Epist. ad Marin.*
(c) *Hydrodyn.* sez. IV.
(d) *Hydrod.* tom. II.
(e) *Teor. idraul.* tom. I.
(f) *Hydraul.*
(g) *De la resist. des fluid* Introd., e *De l'equil. et du mouv. des fluid.* §. 182.

conte Riccati, e Daniele Bernoulli, il Michelotti, e il Jurin hanno assai vivamente disputato a maggiore gloria del Newton su la verità d'alcune sue proposizioni; e dopo le più sottili indagini, e le più attente osservazioni hanno dovuto arrendersi alle dimostrazioni di quel sublime maestro, e ricevere come assai sicura verità ciò, che da alcuni era stato rigettato come un paradosso. L'osservazione de' moti ritardati dell'acqua che esce da' lumi de' vasi, e le leggi di tali moti; l'esame del moto propagato per le particole de' fluidi, e del moto circolare, e vorticoso de' medesimi, i bei corollarj, e le interessantissime teorìe, che quindi derivano, provano sempre più l'originalità, e superiorità della mente del Newton, che si fa vedere, ed ammirare nell'idrostatica, come in tutte le altre parti delle matematiche. Nuovo aspetto prese la scienza de' fluidi dopo essere stata maneggiata dal Newton; gl' italiani Grandi, Manfredi, Poleni, ed altri, padroni del calcolo, e della sublime geometrìa, e pieni altronde delle osservazioni, e delle pratiche scoperte de' loro nazionali, diedero maggiore ampiezza, e maggiore precisione, e verità alle dottrine del Galileo, del Castelli, del Guglielmini, del Newton, e le arricchirono delle proprie loro speculazioni. Giovanni Bernoulli, l'Erman, ed alcuni altri trattarono con tutto il rigore geometrico alcuni punti di questa scienza, e prepararono gli animi de' matematici per ricevere la grand' opera di Daniele Bernoulli, l'originale, e profonda

Altri geometri idrostatici.

Daniele Bernoulli.

sua *Idrodinamica*. La teorìa del moto de' fluidi aveva occupati, come abbiamo finor veduto, i più illustri geometri, ed aveva pel loro mezzo ottenuta la risoluzione d'alcuni problemi, e la scoperta di varie verità, ma non si era ancor passato a stabilire principj, onde poterla dare in una maniera generale, e poterla ridurre a scienza esatta. Daniele Bernoulli ebbe la gloria d'innalzarla a quest' onore. Egli fissò due principj, uno della conservazione delle forze vive, e l'altro di dividere il fluido, che si muove in istrati paralleli, e di supporre a tutte le particole di ciascuno strato un moto comune, che abbia per tutti la stessa velocità, e la stessa direzione; ed ajutato da questi principj sciolse tutti i problemi risguardanti il getto, e lo scolo d'un fluido, ch' esce da un vaso o per un semplice foro, o per uno, o più turbi, o che si mantenga sempre pieno il vaso, o che si vada votando. Il moto de' fluidi ne' vasi di qualsivoglia figura, la pressione de' medesimi fluidi posti in moto contro le sponde de' canali, che li contengono, le leggi delle loro oscillazioni ne' sifoni, o ne' vasi comunicanti, l'urto de' fluidi contro i piani esposti alle loro azioni, la teorìa dell' aria, e de' fluidi elastici, tutto viene da lui assoggettato a que' due principj; e se talora qualcuno di questi punti sembra non poter essere compreso sotto i medesimi, la singolare sua accortezza lo sa raggirare con sì ingegnose e plausibili considerazioni fisiche, che finalmente lo conduce dove a lui piace, e

lo

lo mette sotto la direzione de' suoi principj. La volubilità del suo ingegno nel trovare risorse nell'analisi per sottomettere a' suoi calcoli tutte le circostanze d'un fenomeno, e l'arte di disporre le sperienze come al presente soggetto si richiedevano, che in tutti i suoi scritti si fanno vedere, spiccano qui particolarmente, e tutto presenta nel Bernoulli l'autore originale, il primo che abbia intrapreso, come dice il d'Alembert (a), di determinare il moto de' fluidi con metodi sicuri, e non arbitrarj, il padre, ed inventore d'una nuova scienza. Non per questo restò esente di gravi opposizioni la dottrina di Daniele. Il Maclaurin ricusò d'accettare in principio della conservazione delle forze vive come verità primaria, e come base d'una soluzione, nè volle, che la teorìa del Bernoulli fosse considerata com'esatta a tutti i riguardi, essendo fondata in un'ipotesi, che non può supporsi esattamente vera, e s'attenne alla dottrina del Newton, che cercò d'ampliare, e difendere (b). Giovanni Bernoulli aveva prima ricevuto, ed applicato a' teoremi idrostatici il principio della conservazione delle forze vive (c); ma divenuto poi geloso, con esempio forse unico in tutta la storia letteraria, di suo figliuolo Daniele, per essere entrato a parte con lui nell'ottenere il premio dell' Accademia delle Scien-

Maclaurin.

Giovanni Bernoulli.

(a) *De l'equil. et du mouv. des fluid.* Pref.
(b) *Traitè des flux* tom. 1I
(c) *Comm. Acad. Petrop.* tom. 1I.

ze di Parigi, e per doverlo forse nel cuor suo riconoscere per superiore nel meritarlo, volle abbandonare come indiretto quel principio, su cui il figliuolo fondava l' idrodinamica, che l' aveva coronato di tanta gloria, e si rivolse a cercarne un altro più a suo giudizio diretto, ed universale, su cui innalzò la sua idraulica da contrapporre all' idrodinamica del figliuolo (*a*). Il principio di Giovanni Bernoulli consiste in sostituire alla somma de' pesi di tutti gli strati del fluido una sola forza, che non agisca che alla superficie, sostituirne un' altra simile alla somma delle forze motrici delle particole del fluido, e fare poi queste due forze uguali fra loro. La teorìa di Giovanni Bernoulli ebbe bisogno anch' essa di ricorrere al principio della conservazione delle forze vive, su cui appoggiava la sua Daniele, e soggiaceva in oltre a parecchie difficoltà, che rilevò poscia il d' Alembert (*b*), nè ha potuto la sua idraulica superare la gloria dell' idrodinamica del figliuolo. La questione su la vera figura della terra giovò anche a formare più esatte teorìe su l' idrostatica. Ricercossi tale figura per mezzo della misura de' gradi, e per le osservazioni de' pendoli; ma si volle anche didurre dalla sua costituzione, e per mera teorìa. A questo fine d' uopo era esaminare attentamente le leggi dell' equilibrio de' fluidi, e la situazione, e figura, a cui nel moto

Figura della terra determinata per le leggi dell' idrostatica.

(*a*) *Hydraul. opp.* tom. IV.

(*b*) *De l' equil.* ec. lib. II, cap. III.

circolare, e di rotazione della terra colle forze centrifuga, e centripeta si dovrebbono ridurre, d' uopo era riportare a più esatti calcoli molte teorìe idrostatiche. L' Ugenio, ed il Nevvton furono i primi a ricercare per queste vie la figura della terra. Il Maupertuis, e il Bouguer trovarono insufficienti per tale oggetto i principj dell' uno e dell' altro. Il principio del Nevvton era l' uguaglianza de' pesi delle colonne centrali, delle colonne cioè che si tirano dal centro al polo, ed all' equatore, ed alle altre diverse parti del globo. Il Maclaurin generalizzò questo principio, ne didusse molti nuovi teoremi, e li dimostrò rigorosamente col metodo sintetico degli antichi, e con un' accortezza, ed eleganza, che fecero meraviglia a' geometri (a). Maggiore generalità diede ancora a quel principio il Clairaut (b): *Clairaut.* egli fu il primo a didurre da esso le leggi fondamentali dell' equilibrio d' una massa fluida, di cui tutte le parti sieno animate da forze qualunque esse sieno, e trovò le equazioni a differenze parziali, per le quali si possono esprimere queste leggi, con che fece cambiare la faccia dell' idrostatica. Così dalla questione tanto dibattuta della vera figura della terra ricevè l' idrostatica molto maggior esattezza e perfezione, e si formò quasi una nuova scienza.

Più avanzamenti le recò ancora il d' Alembert, il quale nel suo trattato dell' equilibrio, *Alembert*

(a) *Mèm. sur le flux. et le reflux. de la mer.*
(b) *Theor. de la fig. de la terr.*

e del moto de' fluidi, in quello della resistenza de' medesimi, e negli opuscoli cercò di sostituire principj semplici, e fecondi a' metodi degli anteriori geometri, e trattò tutta la scienza de' fluidi d' una maniera più elegante, più semplice, più diretta, più universale. Esaminò egli le proprietà de' fluidi diverse da quelle de' solidi, e dalla proprietà, ch' essi hanno di ugualmente premere, ed essere ugualmente premuti da tutte le parti, dedusse chiaramente le leggi principali dell' idrostatica, e la soluzione geometrica e rigorosa di molti problemi fin' allora non bene sciolti. Conosciuti i principj generali dell' equilibrio de' fluidi, pensò di farne uso per trovare le leggi del loro moto. A questo fine volle applicare al moto de' fluidi il metodo, che aveva stabilito per quello de' solidi, cioè di riguardare la velocità del corpo, che si muove, come composta da due altre velocità, delle quali una è distrutta, e l' altra non nuoce al moto de' corpi adjacenti; ed acciocchè nel moto del fluido le sue particelle non si nuocano mutuamente, supponendo, che la velocità verticale di tutti i punti d' uno stato orizzontale è la medesima in tutti, trovò, che la velocità dello stratto dèe essere in ragione inversa della sua lunghezza, perchè esso non nuoca al moto degli altri. Ajutato da questo principio assoggettò alle leggi dell' idrostatica ordinaria i problemi, che risguardano il moto de' fluidi come assoggettati aveva alle leggi della statica que' del moto de' solidi, e ridusse così tutte le leggi del moto

alle leggi dell'equilibrio, e formò una nuova epoca nella scienza del moto. Il d' Alembert fu il primo, al dire del la Grange (*a*), che riducesse ad equazioni analitiche le vere leggi del moto de' fluidi, ed anche all' equazioni, che avevano date alcuni anteriori geometri, seppe sostituirne altre più generali, e più rigorose; ma nondimeno non bastava ancora la sua dottrina analitica, e molte di quell' equazioni non sono che indicate senza portarsi l' analisi tant' oltre, quanto richiedevasi per avere de' risultati precisi, e che potessero soddisfare alla geometrica scrupolosità. Lo fece poscia l' Eulero (*b*), e trattò la materia sotto lo stesso punto di vista, ma con più chiarezza ed estensione; e il d' Alembert, e l' Eulero sembravano avere esaurite le risorse, che per la cognizione del movimento de' fluidi può prestare l' analisi. L' osservazione, e la pratica fecero vedere a don Giorgio Juan molti elementi, che non erano stati conosciuti, non che curati, ed adoperati dagli altri geometri per la costruzione delle loro equazioni, riformò in gran parte, e corresse i loro calcoli idrodinamici, e ci diede teorie non men aggiustate alla rigorosa geometria, e più conformi all' esperienza, e alla verità (*c*). Finalmente il la Grange volle ridurre alla maggiore semplicità tutta la teo-

Juan.

La Grange.

(*a*) *Mech. analit.* sec. par., sept. sect.
(*b*) *Acad de Berl.*, *an.* 1755. *Acad. de Petr.* 1756. e al. *Scient. nav.* ec.
(*c*) *Exam. marit.* ec. tom. I.

ria de' fluidi; e vedendo, che gli anteriori geometri per istabilire i lor calcoli abbisognavano di ricorrere ad alcune supposizioni, ed a principj fondati su le proprietà particolari de' medesimi fluidi, cercò di formare i suoi senza veruna supposizione, e stando soltanto su' generali principj, e di sottomettere tanto i fluidi che i solidi alle medesime leggi dell' equilibrio, e del moto, e di riunire così la statica, e l'idrostatica, la dinamica, e l' idrodinamica come rami degli stessi principj, e come risultati delle stesse formole generali.

Altri idrostatici più pratici.

Questi possono dirsi tutti i progressi dell' idrostatica nelle geometriche speculazioni, e nella parte puramente teoretica. Ma questa parte, benchè possa forse riputarsi la più sublime e più nobile, è però troppo astratta e ideale per poter essere di qualche uso, ed è in oltre poco sicura. E perciò altri filosofi, volendo rendere questa scienza più giovevole alla società, non si contentavano di profonde speculazioni, ma cercavano d' avanzare nella pratica; ed alcuni senza curarsi molto de' calcoli, e delle formole algebraiche, correndo dietro i fatti, e i fenomeni de' fluidi, e più attenendosi a' principj meramente fisici che a' matematici, altri più saviamente volendo unir l' uno e l' altro, gli analitici calcoli, e le fisiche osservazioni, hanno studiato di trovare le pratiche verità, non di stabilire le teoriche, e si sono applicati a lavorare macchine, formar ordigni, e porsi in istato di dominare le acque, e di farle muovere a loro grado. Così

il Pitot, il Parent, il Papin, e varj altri hanno ritrovate alcune macchine non men utili al pubblico, che gloriose a' loro inventori, e più di tutti il Belidor nella sua *Idraulica architettura* ha insegnata scientificamente tutta la pratica di quest' arte. Altri non contentandosi di mera pratica, per quanto fosse ragionata, e dotta, hanno voluto unire alle pratiche cognizioni le geometriche teorìe; e il Lecchi nell' *Idrostatica esaminata ne' suoi principj* ha data una delle opere più istruttive, più giuste, e più conformi alla verità, che sieno uscite su tali materie; e il Bossut ha composta un' *Idrodinamica*, la quale paragonata colla grand' opera dell' *Idrodinamica* del Bernoulli, fa vedere, a giudizio del Condorcet (a), quanto siasi avanzata in questo secolo tale scienza, piano più esteso, trattate questioni sconosciute al Bernoulli, e risolute molt' altre con maggiore semplicità e precisione; e il Ximenez, il Frisio, il Lorgna, il Mari, e parecchi altri hanno unito alle pratiche istruzioni sottili teorìe fondate su l' esperienze, e su' calcoli, e in varie guise si vede a' nostri dì illustrata da molti l' idrostatica. Dopo tanti studj, tante esperienze, tanti calcoli, tante teorìe pareva che dovesse essere conosciuta abbastanza l' idrodinamica, e che potesse applicarsi assai giustamente agli usi della società; ma trovavasi pel contrario, che quanto era da lodarsi la sagacità de' geometri che avevano lavorato su que-

Lecchi.

Bossut.

Nuove sperienze idrostatiche.

(a) *Eloge de M. Dan. Bernoulli.*

sta materia, altrettanto dovevasi confessare, che non era essa ancora illustrata abbastanza, e che abbisognava d'essere ancora meglio discussa per ricavarne vantaggio. Furono pertanto invitati i geometri a fare una serie d'esperienze in grande, e discutere attentamente queste sperienze, e a combinarle colle teorie; e finalmente nel 1775 il d'Alembert, il Bossut, ed il Condorcet fecero per ordine del governo con pubblica autorità le sperienze, che stimarono convenienti per fissare la resistenza de' fluidi con esattezza, ed utilità; e se ne videro infatti nuovi risultati alquanto diversi da' provenienti da altre sperienze; e il Condorcet propose un metodo di trovare le leggi de' fenomeni didotte dalle osservazioni per potersi facilmente applicare alle loro. Ma non hanno pertanto queste sperienze soddisfatte pienamente le curiose brame degl' idrostatici, nè hanno esse avuta quell' estensione di mire, che richiedevasi, nè in quella stessa parte, che hanno presa per oggetto, della resistenza de' fluidi si sono replicate con quella verità, e con que' riguardi, che abbiano potuto mostrarci i veri andamenti della natura, nè hanno infatti prodotta ne' matematici quella sensazione, che sembrava doversi sperare da' nomi illustri de' loro autori, e dell' apparato, e pubblica autorità, con cui furono fatte. Rimane adunque aperto il campo agl' idrostatici per recare un solido vantaggio alle scienze, e coll' istituire le convenienti sperienze, ed attente osservazioni, e col ritrovare le equazioni, e le formole gene-

generali, che libere d'ogni supposizione arbitraria sieno fondate soltanto su la verità de' fenomeni osservati, che diventino semplici, e facili a tradursi in numeri, e che possano riuscire utili alla pratica. Dopo tante sperienze, e dopo tanti calcoli non sappiamo ancora accertatamente, se sia maggiore la velocità delle acque nella superficie, o nel fondo de' canali, nè in quale guisa si faccia l' accrescimento della velocità, nè pur si è trovato un metodo sicuro per misurare dette velocità, nè uno stromento infallibile per fare le giuste livellazioni. Quanti elementi per le operazioni analitiche non ha osservati il Juan, isconosciuti agli altri geometri (*a*)? E come senza curarli si possono formar calcoli, che non vengano contraddetti dalla natura? Diverse sono le cognizioni, che richiedonsi per le acque ne' tubi, e nelle macchine, ne' canali, e ne' fiumi, ne' laghi, e nel mare. Le sperienze de' fluidi in artifiziosi ordigni, ed in istudiate macchine potranno servire per far conoscere i loro moti, e le loro forze in alcune poche e ristrette circostanze; ma non bastano certamente per mostrarli in tutti i loro stati, e ne' più comuni, e naturali loro andamenti. L' osservazione attentissima ed oculata degli spontanei eventi, e de' fenomeni naturali replicata in varie circostanze, e con vedute diverse farà meglio conoscere i fluidi agli occhi eruditi, che le minute e sforzate sperienze, le quali però

(*a*) *Exam.* ec. tom. II, lib. II.

potranno alle volte regolare le mire delle osservazioni, e verificarne i risultati. Così potranno trovarsi colle sperienze, e colle osservazioni molti fatti isolati, e scoprirsi molte particolari verità, e su la loro cognizione stabilirsi sicuri principj, e sode teorie, e ricevere la parte geometrica quella giustezza e perfezione, di cui ora non è capace. Che giova il vedere ingombre le pagine di sottilissimi calcoli, se fondati sopra falsi principj, e sopra arbitrarie supposizioni non possono avere la necessaria consistenza? Il prurito di far pompa di calcolo più che il desiderio di stabilire la verità determina spesse volte i geometri nella scelta de' principj, senza curarsi prima d'esaminarli, e riconoscerne l'opportunità, quasichè dovesse la geometrìa comandare alla fisica, e non anzi servirla, e prestarsi ubbidiente alle sue disquisizioni. Si cerchino adunque principj veri e sicuri, semplici e fecondi, sbandiscasi ogni supposizione per quanto possa parere naturale ed evidente, e diensi allora equazioni, e formole, che conducano a risultati non ismentiti dalla natura e da' fatti.

CAPITOLO VII.

Della Nautica.

Dalla meccanica, e dall' idraulica si forma la nautica, ossia quella parte di essa, che riguarda la costruzione, e il maneggio delle navi, e questa può dirsi una scienza nuova, e il cui principio poco più conta d' un secolo. La parte astronomica, ed idrografica, o l' arte del pilotaggio ha avuto alquanto prima qualche cultura scientifica; ma la meccanica, benchè sì tardi ridotta a scienza, ha fatto in breve molti progressi, ed ha ottenuti chiarissimi illustratori. Che immenso campo d' erudizione sacra e profana, e di curiose ricerche non ci offrirebbe la storia della navigazione, se noi potessimo esaminare i suoi principj, e seguirne tutti i progressi? Ma il nostro istituto ci ristringe soltanto alla parte scientifica, e anche in questa la vastità della materia di tutta l'opera ci obbliga ad una strettissima brevità. Dall' unione di poche tavole, o dall' escavazione di qualche tronco, che servirono alle prime navigazioni, passarono gli antichi a fabbricar tali navi, che il d' Alembert (a) sembra credere, che nella parte della costruzione fossero andati più avanti de' moderni; e dovrebbe certo così pensarsi, se le grandiose na- *Origine della nautica.*

(a) *De la resist. des fluid.* Introd.

vi, che sì pomposamente ci descrivono alcuni scrittori, fossero realmente state di qualche uso nautico, e non solo d' ostentazione e di vanità. Quante pagine di citazioni, e di testi non ci vorrebbono per discutere se fu Danao, ovvero Giasone, o qualche altro l' inventore della prima nave lunga presso gli antichi; se fu Eolo realmente il primo ad usar delle vele, e venne perciò da' greci chiamato *Dio de' venti*; se i focensi ebbero i primi il coraggio d' inoltrarsi in lunghe navigazioni; se i cartaginesi inventarono le quadriremi; se i sidonj, e i fenicj furono i primi a navigare di notte colla guida delle stelle, e tant' altre questioni non ancora esaminate abbastanza dagli eruditi? E dopo lunghi dibattimenti, che altro potremmo ricavare che stiracchiate ed inconcludenti congetture? Noi dunque diremo soltanto, che l' arte di navigare presso gli antichi rimase molto inferiore alla nostra; più lenti, e più ristretti i loro corsi, senza mezzi, e stromenti, con cui potersi reggere in alti mari lontani dalla terra; che la navale loro costruzione era anche dalla nostra molto diversa; che grand' uso facevano de' remi, poco intendevano il maneggio delle vele; che abbisognavano per le battaglie navali di puntute prore, di duri rostri, di forti fianchi, nè molto curavano gli alberi e le vele, il centro ed il metacentro, la figura della menoma resistenza, ed altre sottili speculazioni de' nostri dì; che qualche cognizione avevano delle stelle per regolare i loro corsi; ma ch' era trop-

po imperfetta per ardire d' inoltrarsi nell' oceano, e discostarsi molto dalla terra; e che qualunque fosse la loro perizia nella costruzione delle navi, e nell' arte di navigare, tutta era opera della pratica, non derivava da stabiliti principj, e da fondate teorìe, non formava una vera scienza. E infatti nella gran folla di greci scrittori, che sopra ogni materia componevano libri infiniti, non vedo scrittore alcuno di nautica, nè so, che alcuno di essi abbia trattata l' arte di navigare. I primi autori di questa, che sieno giunti a nostra notizia, sono stati gli arabi, de' quali non pochi scritti rimangono, che abbracciano questa scienza. Il celebre Thabit ben Corrah, che ha illustrate tante parti delle matematiche discipline, scrisse anche su questa un' opera, descrivendo le stelle, ed il loro occaso ad uso dell' arte nautica (a): trovasi nella biblioteca dell' Escuriale l' opera d' un anonimo, che tratta ancor più direttamente dell' arte di navigare; ed altri dotti arabi lasciarono su la medesima gli scientifici loro scritti. Onde vedendo tante opere degli arabi su la nautica, e ninna degli anteriori scrittori, potremo con qualche fondamento asserire, che ad essi deesi l' avere ridotta a scienza matematica l' arte pratica, quale che allora si fosse, del navigare. Oltre di ciò noi abbiamo provato, che la bussola, qualunque siane la prima origine, può assai giustamente riporsi fra le utili invenzioni tramandateci da-

Arabi primi scrittori di nautica.

(a) Casiri *Bibl. ar. hisp. Esc.* tom. I, p. 388.

gli arabi (a). L' uso di questa, le cognizioni astronomiche, in cui tanto studiarono, come poi vedremo, e il maneggio della trigonometrìa, che sì felicemente avanzarono, come abbiamo detto di sopra, avranno fatto nascere dalle loro meditazioni una scienza dell' arte di navigare. Infatti la sopra citata opera di Thabit contiene astronomiche cognizioni accomodate alla nautica; e i primi saggi di questa negli studj degli europei non erano che nocturlabi, astrolabi, bussole, carte marine, stromenti, e metodi per dirigere le navigazioni coll' ago magnetico, colle astronomiche, e trigonometriche cognizioni, colla vista del cielo, coll' ispezione delle stelle.

Portoghesi primi promotori della nautica.

Sangres, picciolo luogo del Capo di san Vincenzo, è stato la culla, dove è nata per noi questa scienza, dove al principio del secolo decimoquinto l' infante di Portogallo don Enrico stabilì un' accademia di nautica, e cogli studj di Giacomo di Majorica, di Giuseppe, e di Rodrigo, e d' altri versati nella marina e nelle matematiche s' inventarono (b) le carte idrografiche, che fanno una parte sì interessante della nautica; si trovarono nuovi stromenti, e nuovi metodi per condursi ne' mari coll' osservazione delle stelle; si fissarono leggi, e principj per ben dirigere i rombi; si avanzò, e migliorò la nautica colle cognizioni dell' astronomìa e della geometrìa, e si ridusse pel loro mezzo

(a) V. tom. I, cap. x.
(b) V. tom. III, lib. III, cap. II.

Applicazione della trigonometria alla nautica.

a vera ed esatta scienza. Il Toaldo illustrando un oscuro opuscolo veneziano del secolo decimoquinto, intitolato *Rason del martologio* ch' egli ragionevolmente suppone, che voglia dir *marilogio*, *o regola del mare*, vi spiega ingegnosamente certi numeri, che sembrano a prima vista inintelligibili, per numeri trigonometrici, e vuole quindi dare a' veneziani la gloria d' essere stati i primi ad applicare alla nautica la trigonometrìa (*a*). Sia pur vera, come è certo ingegnosa e dotta la spiegazione di quella regola, e di que' numeri; ma non so quanto possa sembrar giusta la sua conclusione a vanto de' veneziani. L' autore di quell' opuscolo non dà che un prontuario per poter navigare a mente, come ei dice, o per eseguire materialmente le operazioni trigonometriche, che i geometri nautici avevano teoricamente ritrovate per eseguire i richiesti rombi, e regolarsi nella navigazione; ma non mostra d' essere stato lui, nè altro veneziano l' inventore di quelle operazioni. E siccome tutti i problemi, che tratta, i quali non sono che i più semplici del pilotaggio, tutti sono relativi alle carte idrografiche dette *piane*; e queste carte sono opera dell' Accademia nautica dell' infante don Enrico; così sembra più probabile, che ad essa parimenti deggiasi attribuire l' applicazione della trigonometrìa alla nautica, quando non anzi si voglia dire esserle prima venuta da' saraceni, scrittori dell' una e

(*a*) *Saggi di Studj Veneti* III.

dell' altra. La cognizione delle latitudini, e delle longitudini è troppo necessaria alla navigazione per non essere ricercata da' nautici. Non era questa difficile nelle latitudini, le quali coll' osservazion della stella polare, facile d' eseguirsi anche in mare, si può trovare assai giustamente. Ma il problema delle longitudini non voleva sì facilmente lasciarsi superare dalla diligenza de' matematici. Fin dal principio del passato secolo vediamo offerti grandiosi premj dal re di Spagna, e dagli Olandesi a chi proponesse un sicuro mezzo di ritrovarle nel mare. Il Galileo si presentò all' uno, e agli altri co' suoi satelliti di Giove, e cogli stromenti da osservarli in mare, colla barchetta piena d' acqua dentro la nave per tenersi a livello in mezzo a' moti di questa, col celatone per mantenere costantemente applicato al' occhio il telescopio, e coll' orologio a pendolo per contare esattamente le ore; ma diverse ragioni n' impedirono la conclusione, e il problema era rimasto da sciogliersi fino a' nostri dì. I mezzi immaginati dal Galileo erano certamente adattati alla soluzione, e fanno grand' onore al loro inventore, che fin da quel tempo seppe idearli; ma possiamo fondatamente pensare, che non sarebbe stata ugualmente felice l' esecuzione: i replicati, ed indefessi studj, che si sono voluti in questo secolo per metterli in uso colla dovuta esattezza, ci fanno temere, che non avrebbe potuto allora il Galileo ridurre al bramato effetto ciò, che la feconda sua mente gli presentava.

Problema delle longitudini.

tava. Nel principio di questo secolo propose un ricco premio il Parlamento d' Inghilterra a chi sciogliesse assai giustamente il problema delle longitudini. A questo bastava un finissimo orologio, il quale costantemente segnando l' ora precisa del mezzo giorno del luogo donde è uscita la nave, mostri quanti gradi sia lontano quel luogo dove si trova attualmente la nave, richiedendosi 15 gradi di longitudine per fare un' ora di differenza. Ma l' agitazione della nave sconcerta il moto dell' orologio, nè se n' era saputo perciò formar uno tanto perfetto, che conservasse in mare, come in terra, uniforme il suo moto. Bastava osservare le immersioni, e l' emersioni de' satelliti di Giove, sapendosi dalle tavole in quale luogo ad ogni momento si debbano vedere questi fenomeni. Ma per queste osservazioni tanto sottili ci vogliono lunghi cannocchiali, e il moto della nave impedisce l' uso di questi. Bastava anche l' osservazione più facile dell' immersione, o dell' emersione di qualche stella zodiacale sotto il disco della Luna. Ma bisognava per questo conoscere esattamente il moto della Luna; e la Luna era stata ribelle, ed ostinata a non arrendersi a' calcoli matematici. La curiosità ingegnosa degli uomini, non meno che l' amore del premio ha saputo in qualche modo superare queste difficoltà. L' Arrisson ha fabbricato un orologio, che si è mantenuto in mare sì uniforme ed esatto, che ha superati i termini della giustezza, che richiedeva il programma del Parlamento, e ne

ha riportato il proposto premio: L'Irvino inventò una sedia elastica, che secondando il moto della nave colla sua elasticità, tenesse sempre nello stesso piano l' occhio dell' osservatore, ed agevolasse così le osservazioni de' satelliti di Giove: l' Eulero, ed il Mayer formarono tavole tanto esatte del moto della Luna, che si meritarono, come pure l' Irvino, un premio dall' Inghilterra. Così in varie guise; ma principalmente coll' orologio dell' Arrisson si è sciolto a' nostri di quest' arduo problema, benchè in tutte esiga, o comporti ancora maggiore perfezione, ed ha molto giovato al miglioramento della navigazione. L' uso della bussola è il più valente ajuto, che abbia ottenuto la nautica. Questa è la guida, se non la più precisa e sicura, la più pronta, più facile, e più comune, che ad ogni luogo, in ogni tempo, sotto qualunque cielo, indicando coll' ago magnetico il settentrione, accenna in qualche modo la via, che possono seguire i naviganti privi d' ogni lume di cielo e di terra. Infatti coll' ajuto della bussola s' inoltrarono nell' Oceano i portoghesi e gli spagnuoli, e colla scorta della medesima si scoprirono nuovi mondi. Ma l' ago magnetico, benchè sia sempre rivolto verso la parte settentrionale, soffre però le sue declinazioni, che lo discostano or più, or meno dalla linea, che tocca il polo. Che se fossero sempre costanti tali declinazioni, o se potesse aversi una regola di saperle determinare, si potrebbono calcolare queste determinazioni, e trovarsi ugualmente

il punto polare. A questo fine s' inventò un *compasso di variazione*, che mostra in qualche modo coll' osservarsi ogni giorno il nascere, o il tramontare del Sole, quale e quanta sia in quel giorno la declinazione dell' ago magnetico. L' Allejo, che ha studiata più filosoficamente questa materia, presentò alla Reale Società di Londra una teoria delle variazioni magnetiche; propose un nuovo compasso, ch' ei chiama *azzimutale*, il quale le segna con maggiore giustezza; e dopo avere per lunghi viaggi marittimi osservate attentamente tali variazioni, pubblicò le sue carte idrografiche, nelle quali, come dice egli stesso nella prefazione, v' è di propriamente nuovo il ritrovarvisi le linee curve tirate su differenti mari, per far vedere i gradi di *variazione* dell' ago calamitato. Oltre le declinazioni soffre quest' ago le sue inclinazioni, le quali pure ben conosciute potranno dare maggiori lumi per la sicurezza della navigazione. Il determinare queste inclinazioni fu proposto in annuo quesito dall' Accademia delle Scienze di Parigi, e venne distinto col premio accademico il metodo presentato da Daniele Bernoulli. Il Brander a quest' oggetto formò uno stromento chiamato da lui *inclinatorio*. Il la Hire, il Muschembroek, ed altri parecchj si sono molto studiati per dare la maggior perfezione, ed esattezza alla costruzione dell' ago, e della bussola, e sebbene le loro ricerche le hanno apportati alcuni miglioramenti, resta però ancora molto a' dotti osservatori da rettificare, e perfeziona-

re. Tutti questi studj diretti alla scientifica cultura della nautica riguardavano il regolamento del corso della nave, e l'arte del pilotaggio, e questa soltanto pareva che fosse presa di mira dalla scienza nautica. Infatti Pietro Medina, il Nonio, il Zamora, il Cespedes, i primi scrittori di qualche grido, e i primi veri maestri di quella scienza tutti trattavano dell'osservazione delle stelle, della direzione de' rombi, della bussola, de' venti, delle correnti, dello studio e dell'arte del pilotaggio. Verso la fine del passato secolo cominciò ad occupare l'attenzione de' geometri la costruzione e il maneggio delle navi, e questo, ch'era prima soltanto opera di pura pratica, ha in questi anni prodotte dottissime teorìe.

Matematici illustratori del maneggio della nave.

Il pilotaggio, come non esige che la semplice geometrìa elementare poteva trattarsi ne' passati secoli assai giustamente; ed ha avuto infatti in questi due ultimi precedenti assai dotti scrittori; ma la parte del maneggio abbisognava di troppo fina applicazione della geometrìa sublime ad una meccanica complicata e spinosa per potersi esaminare senza l'ajuto de' moderni metodi geometrici. Il Pardies fu il

Pardies.

primo, che ardisse darne un picciolo cenno, quando nel suo *Trattato di meccanica*, pubblicato nel 1663, trovò per modo d'esempio una dimostrazione della via, che dèe seguire la nave spinta da un vento laterale. Questo sol cenno avrebbe dovuto eccitare l'attenzione de' geometri, e de' marini: nuove geometriche teorìe, nuove cognizioni di pratica marina, nuova

scienza teorica e pratica vedevasi sorgere e la geometrìa, e la nautica prendere nuova ampiezza, e nuovo splendore. Passarono nondimeno alcuni anni prima che nessuno si movesse a seguire quella via, che aveva aperta il dotto gesuita; e il primo ad entrarvi coraggiosamente fu nel 1689 il marino e geometra cavaliere Renau, nella sua opera originale su questa materia, stampata per espresso comandamento del re nel 1689 (a). Questa mise in agitazione la maggior parte de' matematici; questa diede realmente la nascita della nuova scienza del maneggio della nave; e questa produsse una nuova nautica. Due determinazioni contiene essa, difficili, ed importanti: una della situazione della vela la più vantaggiosa per riguardo al vento, ed al rombo; l'altra dell'angolo più conveniente del timone colla chiglia. La dottrina del Renau era conforme a quella del Pardies, ed ebbe molt'illustri seguaci; ma incontrò un troppo più forte e chiaro avversario nel dotto Ugenio, il quale mostrò in quella dottrina alcune contraddizioni, e fece vedere, che secondo i principj del Renau le velocità dirette della nave dovevano essere molto maggiori, e che da quelli non diducevasi come più vantaggioso l'angolo, ch'egli assegnava alle vele (b). Rispose il Renau (c), facendosi forte colla regola della decomposizione delle forze, che pa-

Renau.

Ugenio.

(a) *De la thèor. de la manoeuvre des Vaisseaux.*
(b) *Bibl. univers.*, *ann.* 1693.
(c) *Journ. des Savaas*, 1695.

reva essergli affatto favorevole, e pubblicò poi una memoria, dove crede dimostrare il principio della meccanica de' fluidi, di cui s' era servito e che gli era stato contrastato dall' Ugenio (a). Molti furono i partigiani dell' uno e dell' altro, e molti più si dichiararono pel Renau che per l' Ugenio. Ma questi contava a suo favore Giacomo Bernoulli, che valeva per molti; ed anche Giovanni, che per la relazione della questione fattagli dal marchese de l' Hôpital s' era prima inclinato alla dottrina del Renau, avendola poi esaminata in se stessa, si dichiarò per l' Ugenio. Giacomo sostenne con qualche modificazione la dottrina di questo, e discostossi sì da lui che dal Renau nel non voler considerare la velocità del vento come infinita rispetto a quella della nave (b). Giovanni trattò più ampiamente la materia (c), e vi apportò più apparato di geometria e di calcolo, che fin allor non s' era veduto. Non volle egli seguire il sentimento di suo fratello nel limitare la velocità del vento, e questo gli tolse il poter determinare con giustezza la velocità delle navi; ma portò per altra parte vantaggio, avendo riguardo all' obbliquità, con cui il vento urta la nave, ciò che nè Giacomo, nè l' Ugenio, nè altri non avevano fatto. Cercò l' angolo, che dèe for-

Giacomo, e Giovanni Bernoulli.

(a) *Mèmoir. où est demontrè un princ. ec.*
(b) *Act. Lips.* 1696.
(c) *Essai d' une nouv. thèor. de la manoeuv. des Vaiss.*

mare la vela colla chiglia; dato quello, che forma la vela col vento, esaminò le resistenze sofferte dalla nave, non solo supponendola, come facevano gli altri, come un rettangolo, ma passando anche a considerarla come formata da un rombo, da una romboide, e da segmenti circolari; calcolò la curvità delle vele, le loro forze, e l' asse, dove queste possono supporsi riunite; trattò in somma questa parte della nautica colla dovuta ampiezza, e colla conveniente dignità; e sarebbe stata di somma utilità la sua dottrina, se avesse unita qualche pratica alla sublime geometrìa, che possedeva sì pienamente. Ma al contrario il P. Hoste, professore per molti anni nel real Collegio nautico di Tolone, ed autore di due opere molto lodate, e favorevolmente accolte da' marini (*a*), avrebbe recato molto maggiore vantaggio alla pratica della navigazione, se alle cognizioni, che col lungo studio s' era acquistate di questa, avesse applicato il sodo fondamento di più giuste e fine teorìe. Coll' attenta ed indefessa lettura delle storie, e de' viaggi, a fine di meglio erudirsi nella nautica, aveva osservate le ingegnose e sagaci operazioni de' più valenti capitani di marina, e de' più felici viaggiatori; e queste osservazioni gli davano molti lumi per istituire le sue leggi sul costruire le navi, maneggiare le vele, ordinare le squadre, prendere i cambia- *Hoste.*

(*a*) *Théor. de la constr. des Vaiss., et l' Art. des Armées navales.*

menti de' venti, e su infinite operazioni utili, ed anzi necessarie nella pratica della marina. Quindi in tutte quelle materie, che non esigono principj geometrici, o più recondite cognizioni meccaniche, si è meritata l'approvazione de' periti nella nautica, sì pratici, che teorici: ma dov' era d' uopo di sottili indagini su le resistenze de' fluidi contra le superficie, che gli urtano, su le forze delle vele per resistere al vento, e così su altri arcani meccanici non valse a sostenere il peso della difficoltà, nè potè ottenere alla sua dottrina l'approvazione de' teorici, nè la confidenza de' pratici.

Altri scrittori di nautica. Rimaneva dunque ancora da fare un' opera pienamente istruttiva, e che potesse servire di sicuro codice per le opportune leggi della costruzione, e del maneggio della nave. Scrisse brevemente il Parent sopra alcuni punti particolari; ma fondando i suoi calcoli su' principj adoperati da Giacomo Bernoulli, e trascurandone altri troppo necessarj, non potè ricavarne i convenienti risultati (a). Scrisse il Pitot cercando di ridurre a pratica la teorica di quest' arte (b); ma seguendo egli la teorica de' Bernoulli, ed essendo questa poco adattabile alla pratica, non ne didusse che regole smentite dall' esperienza, e contraddette da fatti. Scrisse il Maclaurin da quel gran geometra che egli era, ma perfuntoriamente soltanto, e

(a) *Essais et Rech. de Math. et de Phys.* t. III.
(b) *La thèor. de la manoeuv. des Vaiss. reduite en pract.*

toccando un solo problema de' molti, che v'erano da trattare (a). Tutti questi scritti però si riducevano soltanto ad un limitato numero di sciolte proposizioni, non formavano opere compiute, non ci davano un corpo di dottrina, non presentavano un' esatta scienza. Il Bouguer fu il primo, che si possa realmente chiamare autore classico in questa parte. Ardentemente impegnato per coprire degnamente l' impiego, a cui era destinato, di regio idrografo, aveva egli già scritto fino dal 1727 con gran corredo di geometria su l' alberatura *delle navi*; e volendo poi seguitare a compiere la dottrina della navigazione, diede nel 1746 un trattato della nave, della sua costruzione, e de' suoi movimenti. Quindi nel 1753 scrisse un libro del pilotaggio più facile e piano, ed alla portata de' piloti; e finalmente nel 1757 pubblicò la grand' opera del maneggio delle navi, che diede il complemento al corso di marinerìa. Ho segnate forse troppo minutamente le epoche di queste opere per far vedere quanto sia recente la nascita di questa scienza, e quanto essa debba stimarsi fanciulla, e lontana dalla sua maturità. Il Bouguer cercò d'unire le verità scoperte dagli anteriori geometri, singolarmente da' Bernoulli; abbandonò alcuni loro principj, che gli parvero o falsi, od inconcludenti; aggiunse le sue riflessioni, e i suoi ritrovati, e si studiò di migliorare la pratica, e di proporre una com-

Bouguer

(a) *Trait. des fluid.* tom. II.

Eulero. piuta teorica. Contemporaneamente l' Eulero nel 1749 diede alla pubblica luce la grand' opera della scienza navale, nella quale guidato sempre dal suo genio analitico ridusse al più stretto calcolo, e sollevò alla più sublime geometrìa tutte le operazioni del costruire, e del dirigere le navi: la figura, la collocazione, e il maneggio d' ogni parte; il timone, le vele, gli alberi, i remi, tutto fu da lui contemplato con geometrica severità, tutto venne sottomesso alla diletta sua analisi; e le soluzioni, ch' egli ne ha date, se non sempre sono conformi alla verità, servono nondimeno di guida per ricercarla in quante disquisizioni sieno da farsi ad illustramento dell' arte nautica. Il Bouguer, e l' Eulero hanno in qualche modo oscurati i precedenti scrittori, e sono rimasti i maestri di questa scienza: singolarmente il Bouguer, come ha studiato d' accomodarsi alla pratica, e si è reso più intelligibile a tutti, e più a portata de' geometri, e de' marinaj, così ha ottenuta una fama più universale, ed è divenuto più classico, e di maggior uso nella marina. Ma sì egli, che l' Eulero mancavano della pratica osservazione, senza la quale non basta la più sublime e severa geometrìa a stabilire vere teorie; onde insegnarono dottrine poco adattabili alla pratica, e proposero regole contraddette dall' esperienza, nè possono pertanto servire di sicure guide nell' arte della navigazione. D uopo era a

Juan questa d' un uomo, che versato nell' algebra e nella geometrìa, profondo nella meccanica e

nell' idrostatica, allevato fra l' onde del mare, ed entro le tavole delle navi, e padrone delle più dotte opere de' nautici scrittori si prendesse ardentemente a sviscerare questa materia, e ci desse un' opera contenente tutta la nautica, dettata dalla più oculata pratica, ed attenta osservazione, aggiustata a' più sodi principj della meccanica ed idrostatica, ridotta all' esattezza della più severa geometrìa, sposta colle più semplici e generali formole d' una sicura analisi. Tale era il dotto geometra e perito nautico don Giorgio Juan, il quale fornito di tutti gli ajuti geometrici, ed illuminato da una continua e variata pratica, internato negli arsenali, e ne' porti della Spagna, della Francia, e dell' Inghilterra, si mise a contemplare tutte le operazioni della marina, e ad esaminarne i principj, rettificò le regole o false, od inutili, e ne stabilì altre migliori, e così finalmente nel 1771 presentò nel vero suo aspetto la scienza nautica (a). Come questa non si può reggere sodamente, se non è fondata su' sicuri principj della meccanica e dell' idrostatica, volle il Juan saviamente permettere questo fondamento, e stabilirlo, e fissarlo senza pericolo di rovina, e diede nel primo tomo un pieno trattato di tali scienze, dove co' lumi della lunga sua pratica potè correggere varj errori, in cui erano caduti i precedenti geometri, verificare le sottili loro teorìe, e ridurle coll' ajuto della geometrìa e dell' algebra a più certi

(a) *Exam. marit. theorico-pract. ec.*

ed utili calcoli, e diventare anche in questo autore classico e magistrale. Quindi venendo immediatamente alla nautica descrisse le navi nelle varie lor parti, ne' loro usi, nelle loro figure, ed assegnò per ciascuna le più opportune misure, ricercò i centri delle navi, e determinò il centro del volume, il centro di gravità, e il metacentro: le resistenze, i momenti, le forze, le velocità, il timone, i remi, le vele, gli alberi, le inclinazioni, gli angoli, tutto in somma quanto è da considerare nell' arte della navigazione, tutto è da lui contemplato con penetrante e sicuro occhio, tutto guardato nel vero suo aspetto, tutto sposto con precisione, e giustezza, tutto ridotto ad opportune formole ed equazioni, tutto segnato coll' impronta della geometrica e della pratica verità. Gl' inglesi, e i francesi hanno voluto rendersi propria un' opera sì preziosa, ed illustrarla, e arricchirla con traduzioni, e comenti; e tutti i posteri venereranno il Juan come il maestro della navigazione, come il regolatore de' venti, come l' Eolo, ed il Nettuno de' nautici, il Dio della marina. Questi sono i progressi, che in breve tempo ha ottenuta la nautica: i nuovi miglioramenti, che si faranno nella meccanica e nell' idrostatica, maneggati da pratici osservatori, apporteranno vie più avanzamento a questa scienza; e se dessa cercherà sempre di procacciarsi ugualmente gli ajuti delle matematiche, e delle pratiche cognizioni, potremo noi fondatamente sperare di vederla a lunghi passi accostarsi alla desiderata perfezione.

CAPITOLO VIII.

Dell' Acustica.

Aristosseno fra gli antichi (*a*), e fra' moderni Eximeno (*b*), e può anche dirsi il d' Alembert (*c*), hanno vigorosamente sostenuto che la musica è opera dell' orecchio, non ha correlazione colla matematica, e che dèe solo riporsi fra le arti piacevoli, nè può avere luogo fra le scienze esatte. Sarebbe stato per noi molto comodo il seguire quest' opinione, e risparmiare il presente capo in un libro, che riuscirà più disteso, che la nostra opera non comporta; ma il vedere fino da' tempi di Pitagora, fin dal principio stesso della cultura delle matematiche riposta fra queste la musica, anche con preferenza all' ottica, e alla meccanica, e costantemente poi conservata nell' *Enciclopedia* de' greci, e nel *Quadrivio* de' latini, trattata in tutti i secoli ne' corsi di matematica, e illustrata sino a' nostri di dall' Alembert, dall' Eulero, e da' più rinomati matematici, non ci permette, lasciando ad altri l' esame della questione, d' abbracciare il sentimento di que' filosofi, e d' escludere dalla storia delle matematiche quel-

La musica riposta fra le scienze matematiche.

(*a*) *Harm. elem.* lib. II.

(*b*) *Dell' orig. e delle regole della musica* lib. I, cap. II.

(*c*) *Elem. de music.*, *Disc. prelim.*

la dell'acustica, o della musica. Speriamo nondimeno, che ci possa servire di qualche scusa, se tratteremo troppo ristrettamente questa materia, che, secondo l' opinione di sì illustri scrittori e maestri della medesima, non dovrebbe aver luogo nella nostra opera. Lasciamo dunque a' dotti e diligenti storici della musica il ricercare in Jubal l' inventore di alcuni stromenti di suono, o de' canti accompagnati da questi; lasciamli scorrere l' Egitto, la Palestina, la Frigia, la Grecia, ed altre antiche nazioni, ed esaminare in esse la loro musica; lasciamli trattenere a lor grado co' Thauts, cogli Osiridi, cogli Apollini, co' Mercurj, cogli antichi Dei, e cogli eroi favolosi, benemeriti dell' umanità per l' invenzione di qualche stromento musico; lasciamo ogni curiosa disquisizione de' primi avanzamenti dell' arte musica, e veniamo a riguardarla soltanto quando ci si presenta ridotta a calcolo con qualche apparenza di scienza esatta. Questo si attribuisce generalmente a Pitagora, il quale vuolsi, che abbia trovato le giuste ragioni, che aver deono le corde, e gli altri stromenti per dare suoni, che sieno armoniosi e musicali. Nota è la favola raccontataci da Nicomaco (*a*), da Macrobio (*b*), e da mille altri dei suoni armonici de' martelli d' un ferrajo, trovati da Pitagora di pesi diversi di 6, 8, 9, 12, e dell' applicazione di questi pesi a corde uguali in lunghezza e grossezza,

Origine della musica.

Pitagora.

Osservazione del suono attribuito a Pittagora.

(*a*) *Enchyr. harmon.* lib. I.
(*b*) *Saturn.* lib. II, cap. I.

colla quale formò sempre l' armonìa de' suoni in quarta, quinta, ed ottava, cioè co' pesi 6 e 12 in ottava, 6 e 9 in quinta, e 6 e 8 in quarta. Per quanto sia stato ricevuto questo racconto da' greci e latini, dagli antichi e moderni, dèe nondimeno riporsi fra le favole greche, e rigettarsi come privo di verisimiglianza, non che di verità. Lo Stillingfleet (a), il Montucla (b), il Burney (c), ed alcuni altri moderni vi hanno osservata l' impossibilità di formare co' martelli battuti su l' incudine un'armonìa sensibile, e molto più colle corde tese di tali pesi, i quali avrebbon dovuto essere non nella ragione semplice, ma nella quadrata de' suoni. Ma può in oltre osservarsi in tale racconto, che non solo si vuol mostrare Pitagora poco intendente d' acustica, ma eziandìo falso ragionatore. Se i martelli, che battuti rendevano tali suoni armonici, erano di que' pesi, perchè applicar poi i pesi a tendere le corde, e non anzi metterli nelle stesse corde, e renderle più o meno grosse secondo tali ragioni? Ma quantunque una simile narrazione non sia realmente derivata dal fatto, vero è nondimeno, che, cambiata qualche circostanza, era conforme alla dottrina del filosofo musico Pitagora. Piena è l' antichità di fatti simili de' suoi discepoli, co' quali pretendevano di mostrare le proporzioni de' musicali in- *Altre simili osservazioni.*

(a) *Princ. and. prouv. of harmony*.
(b) *Hist. des math.* part. I, lib. III.
(c) *Hist. of music.* tom. c. v.

tervalli. Teone di Smirna (a) dice, che Laso ermoniese, ed Ippaso di Metaponto ritrovarono tali intervalli col porre in due bicchieri intieramente somiglianti differenti porzioni d' acqua, cioè lasciando l' uno vuoto e l' altro mezzo pieno, formavano l' ottava o il diapason, il diatessaron o la quarta coll' empire d' acqua una quarta parte, e il diapente o la quinta col porne una terza. Non so quanto sarà vero il fatto di tali consonanze, negl' immaginati bicchieri, e temo assai, che possa essere smentito da chi ne faccia un' accurata sperienza. Più forse potrà parere conforme alla verità altra invenzione del medesimo Ippaso che ci viene narrata da uno scoliaste di Platone in un frammento pubblicato recentemente dal Morelli (b). Prendeva egli quattro piatti di bronzo del medesimo diametro, ma di grossezza diversa, sicchè il primo fosse sesquiterzo del secondo, sesquialtero del terzo, e doppio del quarto, e battendo questi quattro piatti formava una sinfonia. Questi ed altri simili fatti, se non sono affatto veri, venendo però raccontati da Nicomaco, da Teone, e da altri matematici, e maestri di musica, e creduti da tutti gli antichi, provano certamente quali fossero le loro idee in queste materie, e fanno vedere quanto grossolanamente pensassero nella parte acustica, ossia nella meccanica delle vibrazioni sonore, o della produzione de'

(a) *De music.* cap. xII.
(b) Arist. *Orat.* &c. ex Bibl. Ven. D. Marci, Præf.

suo-

suoni, e come opinassero su le armoniche proporzioni.

Diverse sette de' greci.

Molte furono su queste le sette diverse de' greci; dove sì universale era l' amore, e la cultura della musica, dove tanta parte aveva nella pubblica e privata educazione lo studio della medesima, dove non solo i musici, e i poeti, ma i filosofi, i matematici, i legislatori prendevano a cuore la perfezione di questa scienza, dovevano immancabilmente nascere intorno ad essa differenti opinioni, e contrarie sentenze, dovevano formarsi diversi partiti, e sorgere varie sette. Noi lascieremo al Martini, al Burney, e ad altri storici della musica il parlare della setta Agenoria, della Damonia, dell' Epigonia, dell' Eratoclea, e d' altre anteriori ad Aristosseno e dell' Archestrazia, dell' Agonia, della Filiscia, dell' Ermippia, e d' altre a lui posteriori, e presenteremo brevemente le tre sole, che in tutta l' antichità ottennero maggior grido, la pitagorica, l' aristossenica, e la tolemmaica. I pitagorici, portati per le ragioni numeriche, e per le metafisiche sottigliezze, volevano regolare tutta la musica co' loro ragionamenti, niente curavano il giudizio de' sensi. Fissarono quindi non poter essere consonanze se non d' intervalli, che s' esprimessero per ragioni estremamente semplici, come quarta, quinta, ed ottava, perchè comprese nelle ragioni $\frac{3}{4}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{1}{2}$. Erano curiose, e seducenti le molte, e bellissime combinazioni di numeriche ed armoniche ragioni, che sapevano ritrarne i pi-

Pitagorica.

tagorici, e che davano qualche peso al loro sistema; ma non erano meno patenti gli errori, a cui venivano condotti da un tale ragionamento. La doppia ottava, per esempio, o la decimaquinta, siccome espressa per la semplice ragione di $\frac{1}{3}$, era ricevuta per consonanza; ma la quarta sopra l'ottava, ossia l'undecima ottava della quarta, perchè espressa per la ragione $\frac{3}{8}$, veniva rigettata come dissonante, tuttochè l'orecchio ne giudicasse diversamente, e la ricevesse per consonanza. Così parecchj altri errori derivavano dalla pitagorica teorìa, che la facevano comparire poco sicura, quantunque abbracciata da tanti e

Aristossenica. sì profondi filosofi. Abbandonolla pertanto Aristosseno, e stabilì una nuova dottrina, ch'ebbe anch'essa molti seguaci, e formò una setta ugualmente celebre che la pitagorica. Aristosseno, figlio d'un musico, e discepolo d'Aristotele, doveva attenersi più al giudizio de' sensi che a' matematici ragionamenti; e infatti disprezzava le numeriche calcolazioni, e le ideali ed astratte consonanze di Pitagora, fondate su le ragioni degl' intervalli, e quelle soltanto abbracciava, che potevano determinare l'orecchio per la differenza de' tuoni. Supponeva egli, che un tuono fosse un intervallo ben conosciuto, che l'orecchio pel paragone della quarta colla quinta potesse giudicare con sufficiente esattezza e facilità; e perciò faceva il tuono la misura degli altri intervalli, de più grandi per aggiunta, e de' più piccoli per detrazione; la quarta era secondo lui composta

di due tuoni e mezzo, la quinta di tre e mezzo, e l'ottava di cinque tuoni e due semituoni, o di sei tuoni. Ma questa teorìa, oltre che non è esattamente conforme alla verità, s' oppone allo stesso principio d'Aristosseno; poichè non può, com'ei vuole, facilmente comprendersi dall'orecchio, ed esige più calcoli, e numeriche combinazioni che la teoria, e le ragioni de' pitagorici. Gli antichi, sì pitagorici che aristossenici, non conoscevano che tuoni maggiori in ragione di $\frac{9}{8}$, qual è ora fra quarta e quinta, o *fa*, *sol*, ch'è dire 32, 36: quindi le terze erano per loro dissonanti, come lo sarebbono anche per noi, stando a quelle ragioni. Ma era ben facile di riflettere, che un qualche temperamento in quel sistema di tuoni poteva produrre molto accrescimento nell'armonìa; e questo infatti fu procurato da Tolommeo. Didimo alessandrino, famoso grammatico del tempo di Nerone, e erudito filologo, ed indefesso scrittore, fra le molte centinaja di libri, che lasciò scritti su ogni materia, si prese anche a trattare della musica, e compose un'opera della differenza della pitagorica, e dell'aristossenica (a). Quest' opera, dalla quale, al dire di Porfirio (b), ricavò Tolommeo i più utili insegnamenti, conteneva l'invenzione d'introdurre nella scala il tuono minore, e così rendere la terza veramente armonica, e consonante. Tolemmeo seppe

Tolommaica.

(a) Porphyr. *Comment. in harm. Ptol.*
(b) *Comment. ec.*

profittare di quest' invenzione, e ne formò il principale ornamento del suo sistema. Didimo collocò nella scala dopo il semituono maggiore il tuono minore, e poi il tuono maggiore: Tolommeo cambiò quest' ordine mettendo il tuono maggiore dopo il semituono, e dopo il tuono maggiore il minore, per avere in questo modo il minor numero possibile di terze alterate. Sembra, che Tolommeo preso fosse da intensa voglia di formare nuove scale, e di cambiar quelle de' musici anteriori; perchè infatti otto forme differenti ha lasciate della scala diatonica, tre affatto sue aggiungendone, e molte novità introducendo nelle altre cinque dagli anteriori musici ricevute. Il numero de' tuoni fu anche da lui riformato; e di tredici, o quindici, che se ne contavano a' tempi suoi, li ridusse soltanto a sette, credendo riuscire più comodo il far tanti tuoni, quante sono le specie dell' ottava (a). Queste, ed altre verità formarono il sistema musico di Tolommeo, che fu in alcune parti trascurato, ma ch' ebbe in altre quasi tanti seguaci come l' astronomico del medesimo.

Diversità di tetracordi, e di scale loro. Siccome il tetracordo era il fondamento, su cui inalzavansi le teorìe de' greci, intorno alla musica, così diverse opinioni fra loro nascevano riguardo alle scale de' tetracordi. Tre erano questi presso i greci; il diatonico, che adoperava soltanto i tuoni, il cromatico, che procedeva anche per semituoni, e l' enarmonico, che faceva uso eziandìo de' quarti di

(a) *Harmon.* lib. II, cap. IX.

tuono; e sul sistema di corde, su la costituzione, o su la scala de' tuoni di ciascuno di essi si dividevano i sentimenti. Diverse erano le ragioni numeriche, e diversi gl' intervalli d' Archita da quelli d' Aristosseno: Eratostene, Didimo, Tolommeo, e mille altri ne proponevano altri diversi. Il tetracordo enarmonico dèe la sua origine, al dire d' Aristosseno citato da Plutarco (a), prima ad Olimpo, poi a' lidj, ed a' frigj; ma la difficoltà dell' esecuzione di que' quarti di tuono, e la facilità di dare in urli, e strilli, lo fece poscia abbandonare dagli stessi greci, e non più s' usava a' tempi di Plutarco, e di Tolommeo. Della diversità de' modi lidj, frigj, dorj, e tant' altri, e della combinazione di tali modi erano anche molto differenti le opinioni de' greci, come differenti pur erano su la forma, e su le proporzioni degli stromenti musicali; e in tutto vedevasi quanto occupasse la musica le meditazioni, e lo studio di quella singolare nazione.

Diversità di modi.

Che se entrar volessimo nell' immenso pelago degli scrittori, che s' impiegarono in illustrar questa scienza, come potremo trovar fine a questo solo trattato? Fortunatamente per noi il Fabrizio (b) ci ha dato un assai pieno catalogo di tali scrittori; e posteriormente il Martini (c) non solo ha raccolti quanti scrittori, e quante notizie di essi ha ritrovato in

Scrittori della musica.

(a) *De musica*.
(b) *Bibl. gr.* t. II, lib. III, cap. X.
(c) *Storia della musica* t. III, c. VII, VIII.

Fabrizio, in Meibomio, in Vossio, e in altri scrittori, ma trasportato dal giusto amore per la sua diletta arte vi ha anche aggiunti altri uomini illustri, che forse una severa critica non vi avrebbe introdotti; ma ad ogni modo la diligenza di questi scrittori ci dèe dispensare d' una simil fatica, tuttochè qualche nuova notizia, sebbene poco importante, potessimo ancor addurre. Diremo soltanto, che dopo Laso ermoniese, contemporaneo di Senofane, e di Simonide, verso l' olimpiade LVIII, creduto dagli stessi greci antichissimi il primo che avesse scritto di musica, fino a' più recenti tempi della greca letteratura vi sono stati infiniti e musici, e matematici, e filosofi, e politici, e grammatici, e storici, e d'ogni maniera scrittori, che hanno impiegate l' erudite loro fatiche in illustrare quest' arte, e potrà dirsi con verità, che forse di nessun' altra se ne potrà contar tanta copia, e di nessuna certo ce n' è rimasto ugual numero. Dove trovare scritti greci della pittura, e della scultura, ed architettura? Che ci resta della poetica oltre l' opera imperfetta d' Aristotele? E della stessa rettorica, che ha conservati più monumenti didattici, non abbiamo tanti scrittori, quanti tuttor si leggono della musica, pubblicati, o raccolti dal Meursio, Meibomio, Wallis, ed altri. Le stesse matematiche discipline, l' aritmetica, e la geometria, e forse neppure l'astronomia non possono vantare tanti greci dottori, quanti n' abbiam della musica. Anzi gli stessi maestri dell' altre parti del-

le matematiche lo furono anche di questa; e l' aritmetico Nicomaco, il geometra Euclide, l' astronomo Tolommeo divisero i loro studj fra la favorita loro scienza, e la musica. Questi, Aristosseno, Aristide Quintiliano, Plutarco, Gaudenzio, Alipio, Bacchio senitore, Porfirio, Teone, e gli altri scrittori finor conservati formano un' assai voluminosa biblioteca della musica greca. Ma in tanta copia di scritti musici dobbiamo pur confessare, che v' è ancora molta scarsezza di buona dottrina, e riconoscere in tanta fecondità di scrittori non poca sterilità. Il solo fragmento della poetica d' Aristotele è anche oggidì venerato da' poeti come il codice delle lor leggi. La sua rettorica, e i libri di Demetrio, di Dionigi d' Alicarnasso, di Longino, e d' Ermogene sono i libri classici degli studiosi dell' eloquenza. Euclide, Apollonio, Archimede, Tolommeo si guardano tuttora come gli oracoli de' matematici. Sol della musica in tanta copia di dotti scrittori non abbiamo un vero maestro. Aristosseno è considerato dal Burney come il greco Rameau, ch' ebbe in Euclide il suo Alembert (*a*); ma sì Aristosseno, ch' Euclide poc' altro insegnano che nomi, e definizioni. Nicomaco è l' unico fra' molti scrittori della musica pitagorica, che siasi conservato (*b*): ma che altro reca Nicomaco della musica, che vani confronti delle voci, e degli astri, ed inu-

Loro merito.

(*a*) *Hist. of music.* cap. v.
(*b*) Meibom. *Præf. in Nicom.*

tili calcoli delle ragioni de' suoni? Aristide Quintiliano, al dire del Meibomio (*a*), raccolse ne' suoi tre libri su la musica quanto gli aristossenici insegnarono delle parti musicali di quest' arte, e quanto tutta l' antichità fantasticò su la morale, e su la fisica, cosmologica della medesima, e può dirsi aver egli unita la dottrina, e la gloria di tutti gli antichi musici. Infatti Aristide ci dà qualche idea più distinta del ritmo, e d' altre parti della musica greca che gli altri greci scrittori non fanno: ma oltre che gran parte della sua opera si perde in vane dottrine dell' armonìa dell' anima, de' paragoni de' polsi co' ritmi, della sessualità de' musici stromenti, e d' altre simili inezie, tutto ciò poi che la parte veramente armonica e musicale riguarda, non è che spiegazioni, e definizioni, e dottrina meramente teorica, che poco o niente conduce alla vera pratica di quell' arte. Tolommeo, come ci dice Porfirio (*b*), prese la maggior parte di ciò che scrisse dagli scritti degli altri greci, e fu, secondo il giudizio del Burney (*c*), il più dotto, più preciso, e più filosofico scrittore in questa materia. Ma Tolommeo stesso si rende in molti punti inintelligibile, e passa in altri da ragionamenti e dimostrazioni in sogni e delirj. Generalmente in tanto numero di scritti di musica non se ne può

(*a*) In Aristid. Quint. *Ep. ad Lett.*
(*b*) *Comment. in Harm. Ptol.*
(*c*) *Hist. &c.*, l. c.

tro-

trovar uno, che sia realmente sodo, ed istruttivo, nè v'è fra tanti illustri scrittori un Aristotele, un Demetrio, un Longino, un vero maestro. Noi lasciamo ad altri più ricchi di cognizioni, e meno stretti dal tempo l'indagare filosoficamente le vere ragioni di questo letterario fenomeno, ed accenneremo soltanto, che forse l'avere tutti trattata la musica come una scienza teorica più che come arte pratica, ha prodotto ne' loro scritti que' vani ragionamenti, e quella sterile aridità.

Scienza acustica de' greci.

Ma potremo dir nondimeno, che ad alto grado fosse realmente venuto il loro sapere in questa materia? Veramente le loro cognizioni meccaniche nella formazione del suono non possono dirsi molto avanzate. Nicomaco (*a*) lungamente ci spiega la dottrina de' pitagorici, e lo strepito e suono, che volevano prodursi da tutti i corpi moventisi, e le acustiche proporzioni de' suoni musicali, che credevano poter didurre dal moto circolare de' sette pianeti. So, che il Gregori (*b*), il Maclaurin (*c*), e qualch' altro moderno hanno preteso di ritrovare in questo sistema pitagorico la sublime scoperta del Newton delle leggi dell' attrazione de' corpi celesti; ma confesso, che non so vedervi che somma scarsezza d'astronomiche cognizioni, ed ignoranza nelle meccaniche, ed acustiche. Questa ignoranza ci viene in oltre

(*a*) *Enchir. harmon.* lib. I.
(*b*) *Astron. Phys. et Geometr. Elem.*, Praef.
(*c*) *Expos. de la phil. Newton.* lib. II, c. II.

mostrata in tutti i greci degli spacciati e creduti racconti de' martelli, de' bicchieri, de' piatti, i quali provano nondimeno, che una qualche confusa idea pur v'era de' principj del suono, e degli elementi di lunghezza, grossezza, e tensione, che deono entrare nel suo calcolo. Aristotele nel piccol trattato *Dell' oggetto dell' udito, e delle cose ad esso spettanti*; ed Eliano nel secondo comentario del *Timeo* di Platone, riportati da Porfirio (a), sono gli unici antichi, ch' io sappia, oltre lo stesso Porfirio, ch' abbiano trattato della meccanica del suono; ma que' profondi filosofi altro non seppero discoprire, se non che il moto dell' aria è la cagione del suono, che grave producesi col moto tardo, acuto col celere, e che perciò le corde più lunghe, e più grosse danno un suono più grave, grossolanamente sbagliando nel farne l' applicazione agli stromenti da fiato, e generalmente poco sapendo della meccanica del suono. Ma della finezza, dilicatezza, e gusto della greca musica spaccinsi pure portenti, non avrò difficoltà di prestarvi fede. I greci d' una sì fina sensibilità per le bellezze delle arti, che fanno la meraviglia di tutti i secoli; i greci sì delicati particolarmente nell' udito, che anche negli scritti e discorsi prosaici non potevano sofferire pazientemente una dura parola, un' aspra collisione di sillabe o di lettere, una clausola disarmonica, un periodo poco sonoro, una pronun-

Merito de la loro musica.

(a) *In harm. Ptolom.*

ziazione meno soave, e in tutto cercavano l' eufonia, i numeri, la sonorità; i greci sì propensi alla musica, che negli studj scolastici, e nella civile educazione non la perdevano mai di vista; che non solo ne' tempj, e ne' teatri, ma nelle tavole, ne' conviti, nelle conversazioni, ed in ogni incontro adoperavano la musica come il più degno culto degli Dei, e il più soave diletto degli uomini; i greci sì pratici nella medesima, che non v' era nobile, nè plebeo, grande, nè piccolo, militare, politico, letterato, che non ne facesse il suo studio, la sua occupazione, le sue delizie; i greci che a sì alto punto portarono tutte le arti, e le scienze, a qual perfezione non avrann' eglino condotta la musica? Dicansi pure mancanti e ristretti i loro stromenti, e credasi semplice e piana la loro melopeja; la fina, animata, esatta, e perfetta esecuzione è quella, che dà valore al canto ed al suono, che compensa qualunque pregio degli stromenti, e della composizione, è quella alla fine che forma la perfezione dell' arte musica. Ma noi lasciamo agli storici di questa lo sviluppare distintamente le sue vicende, il distinguere più accuratamente, che finor non si è fatto, quale unione avesse la musica colla poesìa, quali sieno stati i miglioramenti ad essa prodotti, tanto celebrati da alcuni scrittori, quale il corrompimento pianto da altri, e quale la vera indole, quale l' epoca della sua perfezione, e della sua decadenza, e il darci un' idea più chiara ed esatta, che non abbiamo, della mu-

sica di quella nazione, che sì giustamente interessa l'erudita curiosità. Degli effetti medici, morali, e politici della greca musica si è scritto tanto in questi tre ultimi secoli, e particolarmente in questo nostro, che inutil cosa sarebbe il volerne ora ulteriormente parlare. Qualunque siasi la verità de' fatti descrittici dagli antichi, potrà pur dirsi, che essi non deggiano chiamarsi a prova della raffinatezza del gusto greco: effetti simili non tanto vengono dalla perfezione della musica, quanto dalla disposizione di chi l'ascolta; e più se ne sono veduti, e se ne vedranno sempre in popoli rozzi con musica informe, che in polite nazioni, dove sieno giunte l'arti ad acquistar qualche perfezione.

Effetti della musica greca.

Nè più ci fermeremo su la musica de' romani, i quali se nella pratica, e negli stromenti ebbero qualche diversità da' greci, che possa interessare la curiosità degli storici dell' arte, niente avanzarono nella teorica, nè lasciarono scritti, che illustrassero questa scienza, e che possano meritare le nostre ricerche. Sant'Agostino, Cassiodoro, Marciano Capella, e più di tutti Boezio sono gli scrittori latini della musica, scrittori però, che più non dissero di ciò, che avevano imparato da' greci, cui ciecamente seguivano. Maggiori lumi si potrebbono forse ricavare dagli scritti degli arabi, i quali più che i latini illustrarono cogli scritti la musica, e vi apportarono l'ajuto delle matematiche cognizioni. Infatti da un codice d'Al-Farabi intitolato *Elementi di musica*

Musica de' romani.

Degli arabi

(*), che si conserva nella biblioteca dell' Escuriale, si vede, che gli arabi, benchè seguaci della dottrina de' greci, non l' abbracciarono senza esame; ch' ebbero forse più giuste cognizioni della parte meccanica de' suoni, che gli stessi loro maestri, e che in varj punti ne corresser gli errori, ed empirono il vuoto della loro dottrina. Ma degli scritti arabici su la musica rimasti sepolti nelle biblioteche, poco, o nulla sappiamo, per poterne ritrarre qualche lume, e conoscere i progressi, che dovrà forse quella scienza all' erudite loro fatiche, ma

(*) *Al-Farabi nel libro secondo di quest' opera espone li sentimenti de' teorici, ch' erano giunti a sua notizia, e mostra quanto ciascuno di essi si fosse avanzato in quella scienza, ne corregge gli errori, e, come dice egli stesso, empie il vuoto della loro dottrina a profitto de' censori di quegli autori. Diretto da' lumi della fisica deride la vanità dell' immaginazione de' pitagorici su i suoni de' pianeti, e su l' armonìa de' cieli. Spiega fisicamente come per le vibrazioni dell' aria si producano i suoni più o meno acuti degli stromenti, e quali riguardi debbano aversi nella figura, e nella costruzione di essi per avere i suoni, che si richieggono. L' uso frequentissimo, ch' egli fa delle parole greche scritte in arabo, mostra quanto fosse greca la dottrina arabica della musica, e la figura d' una scala, o dell' armonìa di quindici suoni, che ci presenta, mentre prova, che non aveva abbracciata la setta de' tolemmaici, non facendo con-*

Musica della chiesa. che sono a noi poco noti. Più distinte e chiare notizie potremmo dare della musica della chiesa, se il mero uso di canto e di suono, se qualche varietà, e qualche cambiamento in varie chiese, ed in diversi tempi introdottisi nel medesimo, e non il solo corso della dottrina acustica, e musica fosse l' oggetto delle nostre speculazioni. Rimettiamo adunque i curiosi ricercatori di queste notizie alla grand' opera del Gerbert sul canto, e su la musica della chiesa (*a*), al Lebeuf (*b*), al Burney (*c*), e ad altri scrittori storici, o didascalici della musica, che molto parlano della sacra, ed accenniamo soltanto, che dalla profana e gentilesca musica de' greci passarono alla chiesa greca i modi de' sacri canti; che dalla chiesa greca, od orientale, come dice sant' Agostino (*d*), gl' introdusse sant' Ambrogio nella sua di Mila-

---

sonanti le terze; prova altresì, che non era tampoco della pitagorica, poichè faceva consonanti l' undecima, e la duodecima, ossia le ottave di quarta, e di quinta. Ho creduto di fare cosa gradita a' dotti lettori col riportare queste brevi notizie per dare una qualche idea degli scritti arabici su la musica, e per rendere un pubblico attestato della mia riconoscenza all' eruditissimo sig. Casiri, che cortesemente mi favorì di compilarmene un lungo estratto.

(*a*) *De cantu & musica sacra.*

(*b*) *Traitè hist. et pract. par le chant eccles.*

(*c*) Vol. II.

(*d*) *Confess.* lib. IX. cap. VII.

no, e quindi nelle altre occidentali; che quasi due secoli dappoi riformò san Gregorio il canto, è lasciato il molle, ed alquanto raffinato, che in molte chiese s'adoperava, altro ne introdusse più piano, e serio, o per dir così cambiò il canto *figurato* in canto *fermo*, o che egli fosse inventore della nuova musica ecclesiastica, o fosse soltanto, come alcuni vogliono, compilatore di varj modi adoperati in varie chiese più confacentisi al divoto suo spirito; che dalla chiesa romana si sparse in diversi tempi per tutte l'altre dell'occidente la musica gregoriana; che nelle orientali introdusse san Giovanni Damasceno una riforma nella musica simile alla gregoriana; che le chiese greche hanno anche modernamente ritenuta la loro musica, senza sdegnare di adottare qualche parte della nostra (*); e che lasciando i greci posteriori, che poca, o per dir meglio niuna influenza hanno avuta nella nostra moderna musica, Beda, o chichessiasi sotto il suo nome, Ubaldo, Odone, ed altri latini de' bassi tempi scrissero su la musica, stando alla pratica delle chiese occidentali, ma adoperando spesso parole tecniche greche, che mostrano chiaramente la derivazione della musica eccle-

(*) *V. Lampadario, Leone, Allazio, ed altri. La biblioteca Naniana in Venezia contiene tanti codici di varj secoli colle note musicali, ch essi soli danno una quasi continua serie di monumenti per compiere la storia della musica ecclesiastica greca.*

siastica della greca; e che finalmente nell'undecimo secolo il celebre Guidone d'Arezzo formò in qualche modo una nuova epoca in quest' arte, che la rese differente dalla greca, e la fece comparir nuova, e diede in qualche guisa principio alla moderna musica.

Guidone aretino. Molte sono le opere, che scrisse Guidone su questa materia, le quali sono rimaste per la maggior parte nascoste nelle biblioteche, mentre le sue invenzioni musicali ottennero tosto la fama universale, e gli hanno poi meritato un nome immortale nella posterità. Le produzioni del genio, non i lavori d'una pesante fatica si tramandano a' futuri secoli, e alle rimote nazioni; e Guidone per alcune invenzioni musicali viverà immortale, e sarà celebrato in tutti i popoli colti, mentre tanti venerati dottori, e gravi scrittori del suo tempo giacciono eternamente sepolti nella polvere cogli scolastici loro libri, sconosciuti, ed oscuri alla dotta posterita. Guidone prese, come i greci, per fondamento della musica il tetracordo diatonico: ma come i greci avendo uniti due tetracordi trovarono conveniente d'aggiungervi una corda, che si chiamava *proslambanomenos*, così egli n' aggiunse un' altra, e fece un esacordo, dove varie modificazioni di tuoni felicemente si combinavano; e questa corda segnata da lui col *G* greco è la famosa *Gamma* celebrata fra le invenzioni di Guido. Su l'esacordo dovè questi stabilire il suo solfeggio, e prese a tal fine le sei sillabe tanto rinomate dell' inno di san Giovanni *ut*, *re*, *mi*,

fa,

fa, *sol*, *la*, volendo, che la corda fondamentale di ciascuna delle tre proprietà del canto s' intonasse coll' *ut*, e l' altre successivamente colle seguenti, e dispose in guisa gli esacordi, che obbligò i cantori a non passare di salto dalla proprietà, che dicono di *Bi quadro*, a quella di *Bi molle*, nè all' opposto, senza passare per la proprietà, che dicono di *natura*. La mano armonica tanto celebrata dagli scrittori di que' tempi, la scrittura, o i caratteri musicali, cioè i punti, le righe, e le chiavi si credono anche ritrovati da Guidone; e il contrappunto, o com' ei dice la *diafonia*, su cui vuole vantarsi la moderna musica sopra l' antica, accresce eziandìo i meriti musicali di quel famoso maestro: e sebbene il Burney (*a*) metta ragionevole dubbio su la piena originalità di Guidone in alcune di queste invenzioni, conviene però nell' attribuirgli in tutte tanti miglioramenti, che può con qualche diritto passarne per l' inventore. Dopo le novità musicali attribuite a Guidone, la più importante è stata quella delle note, o de' caratteri de' tempi, che segnano quanto su ciascuna sillaba si deggia fermar la voce. Questa generalmente si riferisce da' moderni a Giovanni di Muris nel secolo decimoquarto, benchè lo stesso Giovanni, ed altri scrittori più antichi la derivano da Francone di Colonia, dotto monaco del secolo undecimo, e il Burney (*b*)

Francone, e Giovanni di Muris.

(*a*) Tom. II, cap. II.
(*b*) Ivi cap. III.

da alcune espressioni dello stesso Francone, e da altre contemporanee memorie creda doverle dare ancora maggiore antichità. Altra novità introdusse posteriormente Filippo di Vitrì, se vero è, come si vuole comunemente, ch' egli aggiunse alle note musicali la *minima*, la quale per altro viene già anteriormente nominata dal Papa Giovanni xxII in un suo decreto del 1322. Il medesimo Filippo si crede pure il primo compositore de' mottetti, che tanto uso hanno poi avuto nella musica moderna: e la prima raccolta, e pubblicazione di mottetti notati in musica colle sue parti, che sia giunta a mia notizia, è stata quella del Vittoria d'Avila fatta in Roma nel 1585 (*a*). Noi lasciamo a' dotti storici della musica l' esaminare questi punti eruditi, e concludiamo soltanto, che anche in que' secoli di tenebre e d' ignoranza, in que' secoli vuoti per la storia dell' altre scienze può contare la musica molti illustratori, e vantare molti utili avanzamenti: il servigio ecclesiastico, e il culto divino eccitavano l' ardore de' divoti e religiosi scrittori per procurare de' miglioramenti a quell' arte, che si credeva quasi necessaria al suo decoro. Infatti Guidone, e Francone erano monaci, e nel lungo catalogo, che si potrebbe formare degli scrittori di musica di que' tempi, pochi s' incontreranno, che non sieno

Filippo di Vitrì

(a) *Thomæ Ludovici a Victoria Abulensis Moteta festorum totius anni cum Communi Sanctorum a 4, 5, 6, et 8 vocibus.*

monaci od ecclesiastici. Non per erudizione e cultura, non per compiere il quadrivio delle scuole, non per illustrare le matematiche discipline, ma per cantare degnamente i divini uffizj, si coltivava lo studio della musica; e i più antichi monumenti, che abbiamo di tutte le varietà, che s'introducevano in quella scienza, tutti vengono da' libri di coro, e da canti delle chiese.

Introduzione della musica nella poesia volgare.

Ma coltivandosi anche allora con ardore la volgare poesia, ed occupandosi in questa molti nobili signori, e perfino gli stessi principi, si cominciò a cercare eziandio l'ajuto della musica a maggiore ornamento della volgare poesia; e spesso i poeti non solo componevano la poesia, ma n'inventavano anche il tuono, con cui doveva cantarsi, e talor altresì eglino stessi notavano in musica i loro poetici componimenti. Il più antico monumento, a mia notizia, è uno, che si ritrova nella Vaticana, d'Anselmo Faidit del principio del secolo decimoterzo per la morte di Riccardo primo, detto *Cuor di Lione*, anch'esso poeta, se vero è, come dicesi, che le note musicali sieno dello stesso poeta Faidit. Posteriore a questo, ma di più autentica legittimità, è la cantica del re di Castiglia Alfonso *il Savio* della metà di quel secolo, la quale esiste nella biblioteca di Toledo colle note musicali, e colle correzioni o postille dello stesso re. Il Burney riporta un altro poema della Vaticana, composto da Tibaldo re di Navarra, il quale sarebbe anteriore alla cantica del re Alfonso, se la

sua scrittura musicale fosse certamente opera del medesimo tempo del poema; ma il codice della Vaticana, al dire dello stesso Burney (a), è una copia troppo scorretta per doverla credere molto vicina al tempo della produzione dell' originale; ciò che può anche levare non poco della credenza da prestarsi all' antichità della musica della canzone del Faidit. L' Arteaga (b) cita il monaco Francone, che riporta un verso provenzale, od anzi francese posto in musica, il quale forse potrà somministrare qualche pruova d' altro poema anteriore a quello del Faidit colle note musicali. Non so in qual guisa, nè a quale oggetto riporti Francone quel verso: se l' applicazione delle parole alle note musicali è realmente presa dallo stesso poema, sarà certo una pruova, che non potrà essere contrastata; ma se è solamente fatta dal Francone secondo che portava il suo argomento, non potrà addursi per esempio di tale anteriorità. Infatti osservo, che il Burney, il quale ha fatto una diligentissima, e minutissima analisi de' trattati musicali di Francone, non fa pur motto del poema, onde questi ricava il dotto verso, ma riferisce soltanto come il primo monumento a lui noto di poesìa volgare posta in musica la sopraddetta canzone del Faidit. Ma checchè sia dell' antichità della musica nella poesìa vol-

(a) Lib. C.

(b) *Le Rivol. del Teatro music. ital*, tomo I, cap. IV,

gare, certo è, che detta applicazione, la quale or è il principale oggetto degli studj musicali, non meritava a que' tempi gran fatto l' attenzione de' dotti e che questa era intieramente rivolta al miglioramento della musica della chiesa. Per questa si tenevano private scuole più pratiche, che teoriche nelle cattedrali, e ne' monasteri, e a questa si riferivano tutti gli scritti di musica, che allora uscivano, sì pratici, che teorici.

Pubbliche scuole di musica.

Era nondimeno anche a que' tempi guardata da alcuni la musica come una scienza speculativa, ed una parte delle matematiche, più che come un' arte dilettevole, o uno stromento della divozione, e non solo nelle chiese, e ne' chiostri religiosi, ma era anche accolta nelle letterarie Università. La prima, a mia notizia, che l' abbia onorata di gentile accoglienza, fu l' Università di Salamanca, nella quale, secondo il testimonio autorevolissimo in questa materia del celebre Francesco Salinas (a), fu eretta sino dal secolo decimoterzo dal re Alfonso *il Saggio* una cattedra per la musica. *Intellexit enim*, riporterò per maggior peso d' autorità le stesse sue parole, *Alphonsus Castellæ rex hujus nominis decimus cognomento Sapiens, non minus musicæ disciplinam, quam cæterarum mathematicarum, in quibus ille maxime excelluit, disci oportere. Quamobrem inter primas, & antiquissimas cathedram illius erexit*. Nelle Università d' Inghilterra si vedo-

(a) *De Musica Præf.*

no sin dal secolo decimoquinto alcuni laureati di musica, o baccellieri, o maestri, o dottori, come Hambois, Hambengton, Saintwix., ed alcuni altri. Scuola di musica aveva parimente fin dalla metà dello stesso secolo l' Università di Bologna, erettavi dal papa Niccolò V: e infatti nell' anno 1482 stampò in essa un' opera di musica Bartolommeo Ramos (a), dove si vede, che avendo egli per alcuni anni occupata la cattedra di musica di Salamanca, reggeva da qualche tempo quella di Bologna, chiamatovi con onorevole invito. Nè vedo come mai il Sassi (b), ed il Tiraboschi (c) abbiano potuto lasciarsi sedurre da un epigramma, forse non bene inteso, del Biffi, per asserire, che niun principe aveva ancora pensato a fondare pubblica scuola di musica; che Ludovico Sforza duca di Milano fu il primo a darne l' esempio; e che Franchino Gafurio fu il primo professore in quella città; ciò che non potè essere che alla fine del secolo decimoquinto. Per tutto quel secolo, ed anche prima v' erano pubbliche scuole in molte Università, e in esse spiegavasi comunemente l' opera di Boezio, la quale, com' egli stesso confessa, non è che una compilazione della dottrina di Nicomaco, e d' altri pitagorici; onde quanti allora studiavano la musica, tutti si formavano co' pitagorici insegnamenti su le ragioni de'

(a) *Tract. de Musica*. (b) *Hist. typ. Mediol.*
(c) *Storia della Letter. Ital.* tomo VI, part. I, lib. III, cap. II.

tuoni; nè gli scrittori ecclesiastici avevano pensato d'introdurre in esse alcuna riforma. Ma in quel secolo si rese più comune la lingua greca, e i greci scrittori divennero più famigliari, e domestici, e si diedero pertanto i professori eruditi a studiare non solo Boezio, ma tutti i musici greci, ed introdurre nella lor arte qualche maggiore raffinamento. Fra' molti sistemi musicali de' greci v' era il sistema *temperato*, che noi abbiamo brevemente accennato nel tolemmaico; cioè un sistema, che per formare migliore armonìa introduceva una qualche alterazione negli intervalli (a); e i tolemmaici infatti alterarono la ragione del tuono aggiungendo il tuono minore. Ma i latini tutti pitagorici, o boeziani giuravano ciecamente nella dottrina de' loro maestri, nè pensavano d'abbracciare il temperamento de' tolemmaici, e nè pur forse lo conoscevano, non che d'introdurne degli altri. Il Ramos, guardando con occhio filosofico la musica, ebbe maggiore abilità, o maggiore coraggio, e ritrovò un utile temperamento, volendo alterate le ragioni della quarta, e della quinta; e sebbene dovè soffrire le opposizioni del Burzio, e del Gafurio, pur fu poi dopo quasi un secolo sostenuto, e promosso dal Zarlino, e trionfò alla fine sì nella pratica, che nella teorica de' musici. L' Eximeno dottamente spiega la necessità de' temperamenti negl' intervalli musicali, e i miglioramenti riportati alla musica colla dottrina

Ristoramento della musica.

(a) V. Rousseau *Dict. de Music.* Tempérament.

del Ramos, del Fogliani e del Zarlino (a); e quella sua copiosa e giusta spiegazione ci dispensa di più fermarci in questa materia. Vasto campo s' offrirebbe alle nostre investigazioni, se volessimo dare qualche notizia degli scrittori di musica, che dopo la metà del secolo decimoquinto, dopo l' introduzione de' lumi della greca letteratura; dopo l' incominciamento della nuova cultura, e raffinatezza apportata alle belle arti si sono veduti sorgere in tutta la colta Europa. Il Lampillas ne accenna parecchj degli spagnuoli, che bastano al suo intento, ma che potrebbono accrescersi molto più (b). L' Arteaga infatti ne nomina molt' altri, e ci fa sperare una sua opera su la scienza musica degli spagnuoli, che non solo sarà di gloria alla sua nazione, ma darà molti lumi per tutta la storia della moderna musica (c). Noi rimettendoci a questi, e ad altri autori d' altre nazioni, che hanno parlato degli scrittori musicali di tutte, diremo soltanto, che sebbene è stato in ciascuna infinito il numero di tali scrittori in que' due secoli decimoquinto e decimosesto, furono nondimeno rispettati fra tutti come principali maestri il Zarlino, e il Salinas, i quali vengono anche oggidì riguardati con molta stima dagl' in-

Scrittori di musica.

Zarlino

(a) *Dubbio sopra il Saggio di Contrappunto* ec. pag. 85. 86.

(b) *Saggio Istor. Apol. della Lett. Spagn.* par. II, tomo II, diss. III, §. v.

(c) *Rivol. del Teat.* ec. tom. I.

ten-

tendenti di quella scienza. Le istituzioni armoniche del Zarlino, tuttochè troppo cariche di vane e fantastiche ragioni, divennero nondimeno il libro classico per gli studiosi della musica pratica, e tutte le sue opere musicali servirono ad illustramento della diletta sua arte. Ma i sette libri *De musica* del Salinas ebbero ancora una fama più universale, e hanno poi conservata più durevole riputazione. Quel celebre cieco, profondamente istruito nella musica pratica, e nella teorica, ed altresì erudito filologo, poeta, filosofo, e matematico, che giustamente viene detto da molti il moderno Didimo, e potrebbe anche chiamarsi lo spagnuolo Saunderson, dopo lungo studio de' greci e de' latini, dopo lunghe meditazioni, e dopo continuo esercizio lasciò a' posteri in quella dotta opera quanto l'erudite ricerche, e l'attente speculazioni, e replicate sperienze nel lungo corso di cinquanta e più anni gli avevano suggerito su la pratica, e su la teorica della musica. Non occuparono nondimeno questi dotti scrittori tutto il campo della dottrina musicale, nè chiusero ad altri ogni via di distinguersi in utili e curiose investigazioni. L'illustrazione dell'antica musica, ed il parallelo, e l'applicazione di quella alla moderna, diventò lo studio non solo de' musici, ma più anche degli eruditi. Il Doni, il Vossio, il Meursio, e sopra tutto il Meibomio, e più recentemente il Burette impiegarono felicemente in questa parte le gloriose loro fatiche, e agli eruditi loro lavori dobbiamo noi

Salinas.

le più chiare e sicure cognizioni, che della musica greca abbiamo presentemente. Le dotte dispute, le opportune scoperte, e i felici avvenimenti, che in questi secoli hanno molto contribuito a' maggiori avanzamenti della musica, darebbono ampia materia per un copioso trattato, se l' istituto del presente capo, e la vastità degli argomenti, che restano da trattare, non ci pizzicasse continuamente l' orecchio, e ci tirasse la mano per richiamarci al proposto assunto, e tenerci ristretti entro i confini delle matematiche. Ed appunto nel passato secolo comincia la scienza del suono ad essere trattata con qualche rigore matematico, e assoggettarsi l' acustica alle leggi della meccanica.

Galileo. Il Galileo dèe riporsi alla fronte di questa scienza, come l' abbiamo finor veduto di quasi tutte l'altre. Dalla dottrina de' pendoli ricava egli i principj fondamentali della musica (*a*). Con essa risolve il problema delle due corde tese all' unisono, che al suono dell' una si muove l' altra, e risuona; spiega molti fenomeni fisici acustici, appoggia la sua dottrina delle vibrazioni sonore, e prova chiaramente consistere il suono nelle ondulazioni dell' aria prodotte dal moto delle corde, e pervenute alle nostre orecchie. Se tali ondulazioni s' uniscono regolarmente a ferire l' orecchio, nasce una consonanza, e questa è maggiore, quanto più spesso accade la riunione. L' ottava è formata da due corde, delle quali una fa

(*a*) Dial. I *della nuova Scienza*.

due vibrazioni mentre l' altra non ne fa che una, nella quinta una ne fa tre, e l' altra soltanto due; nella quarta una quattro, e tre solamente l' altra; e così delle due terze ec.; e quindi le vibrazioni delle corde nell' ottava ad ogni due dell' acuta arrivano unite all' orecchio, ad ogni tre nella quinta ec.; e perciò la più perfetta consonanza è l' ottava, e poi la quinta, e così delle altre. Ma se le vibrazioni delle corde sono incommensurabili, cioè che mai non si uniscano, o non lo facciano che dopo lungo tempo, nasce allora la dissonanza; e perciò dissonante è la seconda, che ha la ragione di 8, 9, ed ha d' uopo non meno che d' 8 vibrazioni della corda grave, e 9 dell' acuta, perchè concorrano a colpire amendue unitamente l' orecchio. Per formare questa varietà di suoni, e questi tuoni diversi bisogna stabilire la varietà, che tali suoni richiedono nelle corde. Lunghezza, grossezza, e tensione della corda fissano l' acutezza del suono, ch' essa dovrà produrre: lunghezza e grossezza in ragione inversa, e tensione nella diretta. Questa dottrina era già conosciuta da' pitagorici, ma grossolanamente, e senza la dovuta precisione: il Galileo fu il primo a trattarla con esattezza, e diede i primi elementi dell' acustica, che hanno poi servito di base alle sublimi teorie de' più sottili geometri. Determinò dunque il Galileo, che due corde ugualmente lunghe, grosse, e tese suoneranno all' unisono; ma che per formare per esempio un' ottava, o due suoni, l' uno doppiamente più acuto dell' altro,

dovrà la corda più acuta essere di doppio minore lunghezza, o di doppio minore diametro; ovvero di quadruplo maggiore tensione, o sia tesa con quadruplo peso, ch' è dire, che l' acutezza del suono seguirà la ragione semplice inversa della lunghezza e del diametro della corda, e la quadrata diretta della tensione, o sia de' pesi, che la tirano. La dottrina del Galileo tanto nella parte armonica, che nella meccanica de' suoni è in generale quella de' pitagorici: ma qual differenza dalla dottrina pitagorica alla galileana? Innalzata dalla popolare inesattezza alla matematica precisione; appoggiata non a false e grossolane sperienze de' martelli, de' bicchieri, e de' piatti, ma a finissime e giustissime osservazioni de' moti de' pendoli, delle ondulazioni de' fluidi, e delle vibrazioni sonore, levata da una metafisica tenebrosa, e da una misteriosa oscurità alla più chiara luce di semplici ragionamenti, e di palpabili sperienze, si era resa solida e ferma, e degna dell' attenzione de' filosofi anche nello splendore della matematica, e fisica de' nostri dì. E che hanno detto in questa parte di più del Galileo il geometra Eulero, e il fisico Nollet? Il Sauveur istesso, tutto che creatore d' una nuova scienza, appoggia la sua dottrina alla dottrina or accennata del Galileo. Che se il filosofo musico Eximeno, giustamente impegnato in sottrarre la diletta sua scienza da' ceppi della matematica, rigetta la ragione della consonanza proposta dal Galileo come non abbastanza generale, nè applicabile a tutti i casi

dell' armonìa (*a*), confessa però concorrervi tante sperienze, e tante apparenze di ragione, che non è da far maraviglia, che il Galileo, e gli altri filosofi si sieno indotti ad abbracciarla; nè trova a ridire contro la sua dottrina meccanica della formazione de' suoni diversi, benchè ne provi smentita dalla pratica l'applicazione negli stromenti. La dottrina musica del Cartesio è tanto conforme a quella del Galileo, che il Cartesio stesso pare che voglia schivare la taccia di plagiario, e cerchi di rifonderla nel Galileo (*b*); e il Poisson illustratore della sua musica più uso fa delle ragioni e delle sperienze del Galileo, che di quelle del suo autore Cartesio (*c*). Sotto l'ombra di questi due sommi filosofi cresceva la musica, e chiamava l'attenzione del Merseno, del Gassendo, del Wallis, e d'altri chiarissimi scrittori occupati nell'illustrazione delle più nobili scienze. L'accademia del Cimento, senza entrare nell'esame dell'armonìa, prese pur in considerazione la cognizione del suono, e istituì opportune sperienze, e ci diede importanti lumi su la celerità, e propagazione di questo. Il Boyle, il Flamsteed, l'Allejo, e varj altri hanno con replicate sperienze cercata la giusta determinazione di tale velocità. Intanto il Newton ascoltando gli ammaestramenti della natura più nelle geometriche sue ragioni, che nel-

Cartesio.

Nevvton.

(*a*) *Orig. e reg. della Musica* lib. I, cap. 1I.
(*b*) Ep. xcI. par. 1I.
(*c*) *Elucid. phys. in Cartesii Musicam*.

le impressioni de' sensi, per una teorìa molto ingegnosa e dotta, ma complicata ed oscura, delle vibrazioni dell' aria, e per conseguenza della velocità del suono, dimostrò la proposizione, che „ propagate pel fluido le vibrazio„ ni, tutte le particelle del fluido con moto „ reciproco brevissimo avanzandosi, e ritiran„ dosi, s'accelerano sempre, e si ritardano se„ condo la legge d' un pendolo, che oscilla „ e trovò colla sua teorìa una velocità di suono pressochè la medesima di quella, che ci dà la sperienza (*a*). La teorìa del Newton parve tanto ingombrata a Giovanni Bernoulli il figlio, che nel discorso su la *Propagazione della luce*, premiato dall' Accademia delle Scienze di Parigi nel 1736, non lusingandosi di poterla intendere chiaramente, in vece di studiarla con attenzione stimò meglio di proporre un altro metodo più facile, e più agevole da seguire, e giunse per mezzo di questo alla stessa formola, che il Newton aveva data col suo. Ma sì l' uno, che l' altro metodo hanno incontrate delle opposizioni ne' geometri, perchè amendue suppongono, che il suono si trasmetta per fibre longitudinali vibranti, che si formano successivamente, e sono sempre uguali fra loro, e questa supposizione nè è dimostrata, nè appoggiata su sode pruove. Si vuole anche opporre, che il Bernoulli col suo metodo avrebbe dovuto in quell' ipotesi rinvenire una velocità diversa da quella ch' ei tro-

Giovanni Bernoulli

(*a*) *Princ. Math.* ec. tom. II, prop. XLVII.

va, e che è realmente la vera. L'Eulero prima in una tesi difesa in Basilea nel 1727, e poi nella *Dissertazione sul fuoco*, che divise il premio dell'Accademia delle Scienze di Parigi nel 1738, ebbe sospetto di falsità su la teorìa del Newton, e propose un'altra formola per determinare la velocità del suono diversa dalla newtoniana; ma nè mostrò il difetto di questa, nè diede la dimostrazione della sua. Il Cramer fece alcune dotte osservazioni su la teorìa del Newton, e mostrò, che la sua dimostrazione non veniva dalla natura della cosa, ma soltanto dall'ipotesi, che s'era presa, e che applicata ad un'altra proposizione affatto diversa avrebbe retto ugualmente. I dotti comentatori del Newton Jacquier, e le Seur riportano distesamente questa obbiezione loro comunicata dal Cramer; ed eglino stessi confessando, che la dimostrazione del Newton non va esente di difetto, cercano di sostenere la sua proposizione prendendone altronde la dimostrazione; ma i loro calcoli sono così complicati, che non possiamo pienamente affidarci nelle loro conclusioni; e i posteriori geometri infatti non hanno abbracciata la dottrina del Newton; e il la Grange dopo profondo esame l'ha trovata fondata in ipotesi incompatibili fra loro, e che necessariamente portano al falso (a). Tutti questi punti però, la dottrina del Galileo, e del Cartesio intorno la musica, le sperienze de' fisici, e le teo-

(a) *Ac. de Turin.* tom. I.

rie de' geometri sopra il suono non erano che piccioli saggj de' moltissimi argomenti, che offre questa materia, e delle infinite speculazioni, che restavano a fare. Il bisogno, che hanno avuto i filosofi de' telescopj, e microscopj, gli ha obbligati a studiare con estrema applicazione le differenti vie, e gli accidenti diversi della luce, e formare intorno ad essa una scienza, che avendo per oggetto la nostra vista, prende il nome di ottica; ma come non hanno avuto uguale bisogno di conoscere esattamente ciò che appartiene al suono, nè hanno riguardata la musica che pel piacere dell' udito, pel quale non credevano necessario il cercare le regole nel fondo della filosofia, non avevano rivolte da quella parte le loro speculazioni, nè avevano pensato di fare una scienza per l' orecchio, come l' avevano per l' occhio. Il Sauveur volle entrare in questo quasi affatto conosciuto paese, e a misura che più s' inoltrava, tanto più trovava che esaminare, tanto più credeva necessario di formare una scienza acustica, la quale parevagli dover essere più vasta, e non meno curiosa ed importante dell' ottica, che tanto occupava gli studj de' matematici. Le sperienze, le osservazioni, i calcoli, le riflessioni lo condussero a mille nuove scoperte, e presentarono al filosofico e penetrante suo sguardo molte belle ed interessanti novità. La scoperta del suono fisso, la distinzione del suono fondamentale e dell' armonico, l' osservazione delle *ondulazioni*, o sia delle vibrazioni parziali, e separate d' una stessa

Sauveur.

sa corda, de' *nodi*, e del *ventre* di tali ondulazioni, e delle curiose diduzioni, che ne derivano, l' invenzione di certe macchine acustiche, che sarebbero state sì utili, ed eccellenti, come quelle delle ottica, nuova lingua musicale più distesa, e più comoda, nuovi caratteri, nuove regole, nuove divisioni de' suoni, nuovo sistema d' intervalli, ed in somma una nuova musica, o, per dir meglio, un' acustica, di cui la musica non è che una sola parte, sono i frutti delle sue speculazioni, ch' egli presentò come in abbozzo all' Accademia delle Scienze di Parigi (*a*), e che voleva portare alla sua maturità e perfezione. Egli era in verità un fenomeno strano e maraviglioso, ché il Sauveur, il quale, come dice il Fontanelle (*b*), non aveva voce nè orecchio, non ad altro pensasse che alla musica, e ridotto a prendere in prestito la voce, e l' orecchio altrui, ne rendesse in cambio dimostrazioni sconosciute a' musici, che gli prestavano quell' ajuto. Qual vantaggio per l' umanità, se la filosofia giungesse a recare tanti soccorsi all' udito, quanti ne ha dati alla vista? Se il Sauveur avesse potuto condurre al bramato termine le divisate sue teorìe, se la morte non l' avesse rapito nel corso delle sue meditazioni, sarebbe egli stato il Newton dell' acustica, e noi avremmo questa scienza ridotta alla perfezione dell' ottica. Or nondimeno dobbiamo alla sua

(*a*) Ann. 1700-1701 ec.
(*b*) *Eloge de Monsieur Sauveur*.

diligenza molte scoperte su varj accidenti della propagazione del suono, molte osservazioni su gli stromenti da corda e da fiato, e molte curiose ed utili cognizioni su varie parti della musica, e dell' acustica; e da alcuni punti della sua dottrina sono poi derivati il sistema fisico del suono del Mairan (a), e l' armonico del Rameau, e dell' Alembert. I tentativi del Sauveur, e più ancora i brevi cenni del Nevvton su le vibrazioni delle corde sonore indussero i matematici a trattare questo problema col rigore geometrico, e vincere le difficoltà, che presentava la loro complicatezza. Il primo, che ottenesse la gloria di risolverlo felicemente, fu il Tailor, il quale giunse a dimostrare con esattezza le differenti leggi di tali vibrazioni, e sottomettere al calcolo il moto delle corde oscillanti (b). Considera egli la lunghezza, e la massa di questa, e poi la lunghezza d' un dato pendolo a secondi, e il rapporto della circonferenza d' un circolo al suo diametro, e dà quindi una formola, che esprime il numero delle vibrazioni della corda durante una vibrazione del pendolo. Cerca la figura, che prende la corda quando forma le vibrazioni, e trova, che non è che una specie di cicloide allungata, ch' ei chiama compagna della cicloide, ed altri geometri dicono curva degli archi. Per determinare questa figura suppone che tutti i punti della corda ar-

Tailor.

(a) *Acad. des Scien.*, *an.* 1737.
(b) *Math. increm. directa et inversa*, 1715.

rivino allo stesso tempo alla situazione rettilinea; e sebbene questa supposizione pare mostrata abbastanza dalla sperienza, vuole pur dimostrarla anche senza il soccorso di essa. Giovanni Bernoulli, che esaminò il problema *delle corde vibranti* dopo il Tailor, ne diede anche la medesima soluzione. Pareva forse a que' geometri, che tale ipotesi fosse bastante per rendere ragione de principali fenomeni de' tuoni musicali, o forse credevano, che non bastassero le loro forze per risolvere il problema fuori di quell' ipotesi in tutta la sua generalità. Questa soluzione, tuttochè del Tailor e del Bernoulli, non contentò la scrupolosa dilicatezza dell' Alembert, e si prese a provare, che anche in quell' ipotesi può prender a corda infinite altre figure, che ugualmente soddisfanno al problema, e che anche senza quell' ipotesi si può determinare in generale la curvità, che ad ogni istante dee avere la corda facendo le sue vibrazioni; e fece in seguito molte ingegnose ricerche su la natura di queste curve, ch' ei chiama *generatrici*, e della maniera come esse possono generarsi, che hanno recati molti lumi a' meccanici, a' geometri, ed agli algebristi, e fu il primo, che risolvesse il problema nella sua generalità (a). La soluzione dell' Alembert era realmente generale, ma sempre supponendo, che la curva generatrice fosse regolare, e che potesse essere compresa in una equazione continua. L' Eulero trattò il

Alembert

Eulero.

(a) *Acad. de Berlin.*, *an.* 1747.

problema con un metodo analogo a quello dell' Alembert; ma gli diede maggiore generalità; e conchiuse, che qualunque curva *serpeggiante*, continuata dall' una e dall' altra parte alternativamente di sopra e di sotto all' asse, sia regolare od irregolare, sarà propria per la soluzione di quel problema (*a*). Questa soluzione, benchè fatta con un metodo molto analogo a quello dell' Alembert, e simile alla sua in molti punti essenziali, era nondimeno diversa, più diretta, più analitica, più applicabile a tutte le questioni di questa specie, ed evidentemente più generale. Non potè sofferire quietamente l' Alembert il dover partire con altri la gloria d' una sì bella scoperta, nè vide nella soluzione dell' Eulero che i tratti di somiglianza colla sua, nè la credè sufficiente per tutti i casi, in cui nella curva generatrice non si seguisse la legge della continuità (*b*). Ma non tardò a rispondergli l' Eulero, e sostenne avere la sua soluzione tutta la necessaria esattezza, e la conveniente generalità (*c*). Mentre in questa guisa si dibattevano que' due eroi della matematica, venne in campo un altro non meno valente atleta, il profondo e sodo Daniele Bernoulli, e volle in qualche modo togliere ad amendue la gloria, che tanto si contrastavano, e darla intiera al Tailor, primo risolutore di quel problema. Egli crede di dimostrare, che la soluzione del Tailor è capace

Daniele Bernoulli.

(*a*) *Acad. de Berlin.* 1748.
(*b*) Ivi ann, 1750. (*c*) Ivi ann. 1753.

di soddisfare a tutti i casi possibili, e stabilisce la proposizione generale, qualunque possa essere il moto d' una corda tesa, essa non formerà mai altro che una, o un complesso di due, o più cicloidi allungate. Quindi vuole, che i calcoli dell' Alembert, e dell' Eulero niente più insegnino che que' del Tailor, e riduce il merito della soluzione, che dà egli stesso, a quello soltanto d' avere saputo applicare al metodo del Tailor una' analisi tutta nuova, che non esisteva al tempo di lui, cioè quella delle differenze parziali. Rispose l' Eulero alle obbiezioni del Bernoulli, e il calore della disputa fra due sì profondi geometri fece germogliare molte nuove ed interessanti verità su le oscillazioni delle corde e dell'aria, su la formazione del suono, su gli stromenti da corda e da fiato, e su molt' altri punti risguardanti questa materia. Era da vedersi con piacere accompagnato da maraviglia e rispetto quella lunga e gloriosa lotta di que' due genj sublimi (*a*): uno spiegava tutte le forze dell' analisi, l' altro per potersi reggere senz' averne di bisogno impiegava tutta l' arte, e tutta la sagacità d' uno spirito inesauribile in risorse; uno profondeva prodigamente sforzi e calcoli, perchè niente costavano al suo genio fecondo, ed istancabile; l' altro sempre semplice, elegante, e facile metteva la sua gloria in fare molto con poche forze, senza dover temere di com-

(*a*) V. *Eloge de Monsieur Daniel Bernoulli, Ac. des Scien. de Paris* 1782.

parirne mancante; e tutti e due illuminavano, e tenevano sospesa di meraviglia del sublime loro sapere tutta la matematica Europa (a). Dopo il Nevvton, il Tailor, i due Bernoulli, il d' Alembert, e l' Eulero entrò coraggiosamente nel campo il giovinetto la Grange, e toccò a lui il raccorne gli allori. Egli esamina la dottrina del Nevvton su la propagazione del suono, espone l' analisi pura ed esatta del problema secondo i primi principj della meccanica, e fa conoscere l' insufficenza, e la falsità del metodo nevvtoniano, e propone un' altra via per la soluzione fondata su principj sicuri, ed incontrastabili. Discute le teorie del Tailor, dell' Alembert, dell' Eulero, e le riforme, e le obbiezioni di Daniele Bernoulli; e, pesate le ragioni degli uni, e degli altri, conchiude, che i loro calcòli non bastano a decidere tali questioni, e propone una soluzione, che sembra avere tutto il merito della sodezza, e della generalità. Passa poi a sviluppare la teorìa generale de' suoni armonici, degli stromenti da corda e da fiato, e per una formola semplice determina il suono fisso ed i suoni armonici, che propose il Sauveur, con quell' esattezza e facilità, a cui quegli non potè giungere; e dà nuovi e sicuri lumi per la cognizione del suono, applicabili anche alla pratica della costruzione, e del maneggio degli stromenti, alla teorìa dell' eco semplice, e composto, e ad altri curiosi, e difficili punti dell' acustica.

La Grange.

(a) V. *Acad. de Berlin.* 1753 ec.

Le formole sì semplici, e generali, l' integrazione di tante equazioni, l' analisi sì fina, chiara, ed esatta, la penetrazione del suo ingegno, la sodezza del suo giudizio chiamarono l' attenzione di tutti i geometri: gli stessi atleti di quella nobile lizza l' Eulero, il d' Alembert, e il Bernoulli, i venerati oracoli di questa scienza ascoltarono con rispetto la voce del nascente geometra, nè sdegnarono di metterlo al loro lato nel seggio, ch' essi occupavano nel matematico impero. Tutti e tre scrissero tosto al giovine la Grange, abbracciando molti punti della sua dottrina, domandando d' altri maggiori rischiarimenti, e venerandolo in tutti quasi come loro arbitrio e giudice; e se l' Accademia di Berlino era stata poch' anni prima il campo di battaglia fra que' tre illustri campioni, l' Accademia di Torino divenne nel suo nascere il teatro d' onore, dove fecero luminosa comparsa l' acustica e l' algebra, e dove concorsero, si può dire, a corteggio del la Grange l' Eulero, ed il d' Alembert, i sovrani, e principi delle matematiche discipline. Qual gloria per un giovin geometra vedersi alla prima produzione portato su l' ali della fama per tutte le accademie, e le scuole ricevere gli applausi de' più applauditi geometri, e gl' incensi e le adorazioni di tutti gli altri? Questa singolar gloria, che ottenne allora il la Grange, l' ha sempre mantenuta, ed accresciuta costantemente perfino a' nostri dì, spargendo ognor nuovi lumi anche su la presente materia, che

sì copiosamente aveva illustrata (a). E' pure lode grande del conte Giordano Riccati il meritare d' essere nominato anche dopo il la Grange, e gli ora celebrati geometri: il terzo suono osservato dal Tartini, il suono falso, ed alcuni altri nuovi punti sono stati da lui solo geometricamente trattati; e se egli non ha uguagliati gl' illustri suoi antecessori nella finezza dell' analisi, e nella profondità de' calcoli, gli ha forse superati nelle novità d' alcune materie, nell' estensione delle ricerche, e nello studio di conformare alla pratica le sue teorie, ciò ch' è un pregio non molto comune in tali speculazioni (b).

Giordano Riccati

Intanto che questi geometri sì attentamente contemplavano la parte meccanica del suono, altri rivolgevano la loro attenzione alla parte fisica, ed altri alla parte armonica del medesimo. Il Mairan, trovando alcuna analogia tra i suoni e i colori, volle portarla più oltre, e propose un'ipotesi su la propagazione del suono, che molto s' assomigliava al sistema del Nevvton su la spansione del lume e de' colori. Il suono non è che le vibrazioni delle particelle dell' aria prodotte dal corpo sonoro, e comunicate al nostro orecchio. Voleva dunque il Mairan, che le particelle dell' aria fossero di diversa elasticità, e che al muovere la cor-

Mairan.

(a) V. *Acad de Turin.* t. I iI, iiI, *Recherches* ec., e *Mechan. anal.* sec. part., sect. IX.

(b) *Delle corde elastiche*, 1767; *Suono falso* art. del *Prodromo della nuova Enc. ital.*

da

da sonata tutte le particelle d' aria, che la circondano, in quelle soltanto seguisse la vibrazione; che fossero analoghe alle vibrazioni di quella, e non d' altre corde; come se posti all' unisono due clavicembali vicini, se suona una corda dell' uno, si sente nell' altro un picciolo eco, solo però nella corda unisona, e non nelle altre. Con questa diversa elasticità delle molecole aeree, e con questa analogìa d' alcune colle vibrazioni ch' esige un tuono, e d' altre con quelle d' un altro, spiega assai speditamente molti fenomeni della propagazione de' suoni diversi, che in qualunque altro sistema sono molto imbarazzanti e difficili, e rende assai probabili ragioni di varj accidenti dell' armonìa. Ma nondimeno quest' ipotesi del Mairan non è stata abbracciata da molti fisici: la diversa elasticità delle molecole dell' aria troppo contraria al loro equilibrio, e la infinita varietà, che ci vorrebbe di tali molecole, poco conveniente alla semplicità della natura, sono sembrate di maggiore difficoltà di quante ne può sciogliere tale ipotesi. L' Eulero, non contento d' avere risoluto analiticamente il problema delle corde sonore, volle anche trattare fisicamente del suono, e formare eziandio un sistema de' principj dell' armonìa, e una nuova teorìa musica (a). Il suo principio è, che i tuoni saranno più consonanti o piacevoli all' orecchio, quanto più facilmente la ragione delle loro vibrazioni sonore si lascierà compren- *Eulero.*

(a) *Tentamen. nov. theor. mus.* ec.

dere dalla mente; e forma quindi la scala de' gradi diversi di soavità ne' diversi tuoni, e stabilisce tutto il sistema dell'armonìa musicale. Molti inconvenienti nella teorica, e molti più nella pratica rileva giustamente l'Eximeno nel sistema musico dell'Eulero (*a*), al quale noi rimettiamo i lettori, che bramino di vedergli. Maggiore celebrità s'è acquistato il Rameau, eccellente musico, ed utile scrittore di musica, non solo nella Francia, ma eziandìo nelle altre nazioni; fortunato per aver ottenuto ad illustratore e riformatore della sua dottrina non meno che un Alembert (*b*). Ed è ben da far maraviglia, che i due più rinomati geometri dell'Europa, mentre si dibattevano su gli aridi calcoli della parte meccanica del suono, si occupassero eziandìo quasi contemporaneamente su le dilettevoli amenità dell'armonica; più savio, a mio giudizio, l'Alembert per essersi attenuto al sistema d'un musico, senz'impegnarsi a farne di nuovo uno suo, e per avere schivati i difficili calcoli, senz'affastellare, com'egli dice, cifre sopra cifre nel suo scritto. Dal fenomeno osservato già dal Sauveur, che al suonare una corda si sente oltre il suono proprio di questa la duodecima, e la decimasettima maggiore di quel tuono, ricavano il Rameau, e l'Alembert i principali punti della melodìa, e dell'armonìa, e molti utili insegnamenti su tutte le parti

Rameau

Alembert

(*a*) *Orig. della Musica* lib. I, c. III.
(*b*) *Elem. de Musique*.

della musica. La scoperta del terzo suono, cioè, che quando dà due istrumenti simili si fanno due suoni diversi, se ne sente un terzo differente da tutti due, ha dato più nome al Tartini, benchè da alcuni vengagli contrastata (a), che l'oscurissimo suo *Trattato dell' armonìa*, che fondò su tale scoperta, e che vanamente volle appoggiare ad aritmetiche e geometriche ragioni. Dopo tanti musici illustri, dopo sì valenti filosofi, e sì sottili matematici comparve alla luce l' Eximeno assai versato nella matematica e nella musica per conoscere intimamente la natura dell' una e dell' altra, è assai sincero filosofo per aver il coraggio di dire senza riguardo ad altri scrittori la sua opinione, e di togliere alla matematica ogni influenza sopra la musica. Espone egli, e rifiuta i sistemi musicali de' matematici e de' musici, che l'avevano preceduto, e non sopra cifre e figure, non sopra matematici ragionamenti, ma su l' osservazione soltanto della natura vuole fondare il suo sistema. I tuoni della musica non sono per lui che gli accenti della favella; e sette sono soltanto i tuoni delle voci e delle corde armoniche, perchè per quante sieno le persone, cui si faccia intonare la voce, che loro è più facile e naturale, non se ne sentiranno altre che quelle de' sette tuoni; e così pure perfetta è l' armonìa di terza, quinta, ed ottava, e consonanti sono gl' intervalli, che fra quelle corde si trovano, perchè quest' è l' accordo detta-

Tartini.

Eximeno.

(a) Alembert *Elem. de Musique*, *Disc. prél.*

to dalla natura, e quello che senza regole di musica faranno più persone, che vogliano formare naturalmente un concerto. Da queste semplicissime osservazioni ricava egli le regole della musica, e fa rientrare quest' arte nella vera filosofia. Il Rousset, il Martini, il Sacchi, ed altri parecchi hanno scritto, o tuttora scrivono della musica; ma noi non possiamo seguire tutti i passi di questa scienza, e forse n' abbiamo parlato più che al nostro istituto non conveniva. La musica è più da riguardarsi come arte dilettevole che come scienza matematica; l' acustica, che dèe comprendere tutta la dottrina del suono, si può ancora considerare come nascente, e appena toccata in pochi suoi punti: impieghino in essa i loro studj i geometri e i fisici, che con isperienze, e con calcoli scopriranno molte utili verità, che vi sono ancora nascoste, e ci formeranno una vera scienza nell' acustica, come l' abbiamo nell' ottica, che ora verremo ad esaminare.

CAPITOLO IX.

Dell' Ottica.

Dell' ottica degli antichi non abbiamo tanti scritti, nè tante memorie, come della lor musica. Sappiamo, che Democrito, ed Anassagora scrissero della prospettiva (*a*), che un filosofo del tempo di Filippo macedone lasciò alcuni libri di cose ottiche (*b*), che Platone (*c*), ed Aristotele (*d*) parlarono della luce, de' colori, e della vista, e che Aristotele inoltre compose un libro distintamente dell' ottica (*e*); e tutto questo può provare abbastanza, che assai per tempo cominciarono i greci a fare le loro speculazioni su questa scienza. Ma di tutte queste, e d' altre antiche opere ottiche non ci restano che alcune poche espressioni di Platone e d' Aristotele, troppo oscure, ed equivoche, nè abbastanza fra loro convenienti, per poterci dare qualch' idea de' loro progressi nelle ottiche cognizioni. Più forse proverebbe a loro favore il passo d' Aristofane, se appunto non si potesse dire, che proverebbe troppo, e più assai che non si possa prudentemente accordare alle scienze nascenti

Primi scrittori d' ottica.

Passo d' Aristofane.

(*a*) V. Vitruv. lib. VII, cap. I.
(*b*) Suida v. *Philosophus*.
(*c*) In *Tim. Theet.* et alibi.
(*d*) *De Anima* probl. al. (*e*) Laert. *in Aristot.*

di quell' età. Noto è, che Aristofane fa parlare nelle *Nuvole* Strepsiade, dicendo di voler comprare dagli speziali o droghieri una pietra diafana, che è il vetro, col quale s' accende il fuoco, e standosi da lontano, applicando al Sole quel vetro, scancellare la scrittura della sua condanna (a). Questo pare in realtà una lente ustoria, e suppone la cognizione della rifrazione del lume pel mezzo del vetro necessaria per accendere il fuoco tanto comune, che si faceva un pubblico commercio di vetri preparati a tale effetto, ed era cosa usuale e frequente l' accender con essi il fuoco; anzi Strepsiade suppone una cognizione più intima d' una rifrazione capace di produrre anche da lontano un simile effetto, ciò che i nostri ottici steuterebbero ad eseguire. Ma è ella credibile a que' tempi una sì recondita cognizione? Avrebbono parlato del lume con tanta incertezza, per non dire con tanti errori, Platone ed Aristotele, se prima del loro tempo fosse già diventata volgare, e pubblica una sì sottile diottrica? Osservo all' opposto, che lo Scoliaste d' Aristofane ci dà al detto luogo un' idea di tale effetto col mezzo del vetro troppo differente da quella della rifrazione, dicendo, che que' vetri rotondi e grossi si ungevano coll' olio, e si riscaldavano, vi s' applicava un lucignolo, o checchè deggia intendersi per le greche parole προσάγουσι θρυαλλίδα, e così accendevano il fuoco.

(a) Act. II, sc. I.

Non parmi, che deggiasi prestare gran fede al detto dello Scoliaste; ma questo però può provare non didursi assai chiaramente dal passo d'Aristofane, che fosse conosciuta a que' tempi la rifrazione del lume nel vetro, per poterne formare da quello un convincente argomento. Dal prodigioso effetto dello specchio, o dagli specchj ustorj di riflessione d'Archimede s'è scritto tanto, che sarebbe ora affatto inutile il volerne istituire una nuova disquisizione. Noi, lasciando ad altri il disputare eruditamente su la possibilità e sul fatto, diremo soltanto al nostro proposito, che al tempo d'Archimede aveva già scritto Euclide la sua ottica, e la catottrica, onde dovevano aversi su queste materie assai più giuste notizie, che a' tempi d'Aristofane, e di Platone; che lo stesso Archimede aveva particolarmente trattato degli specchj ustorj, ed egli non sapeva accostarsi ad alcuna materia senza profondarvisi intimamente; che di quel genio sublime e fecondo di portentose invenzioni niente ci dovrà parere incredibile; che se Proclo posteriormente potè operare un simil prodigio (a); se Antemio ne giunse a fare una piccola sperienza, e la fece realmente in guisa di riuscirvi felicemente; se Tzetze seppe descrivere lo specchio d'Archimede in quell'unico modo, in cui poteva operare tale effetto, non dèe fare maraviglia, che Archimede lo sapesse inventare; nè pare verisimile, che Ante-

Specchio ustorio d'Archimede.

(a) Zonaras *Annal.* tom. II.

mio, e Tzetze, o altri greci potessero fingere tale invenzione, se non l'avessero prima ricevuta da Archimede; e conchiuderemo, che ad ogni modo sarà sempre vero, che i greci ebbero questa cognizione catottrica di produrre con molti specchj piani ad una lunga distanza un forte e gagliardo effetto, che ha fatto onore al Buffon, e ad altri sublimi ingegni de' secoli posteriori. Veramente, che gli antichi avessero molte cognizioni de' fenomeni diottrici, e catottrici, oltre l'or recate memorie, ne abbiamo la prova in Seneca (*a*), il quale non solo parla di varj accidenti, che ne' diversi specchj, e ne' vetri vedevansi, ma fa l'osservazione generale, che le cose vedute pel mezzo dell'acqua, e del vetro compariscono molto maggiori, e la prova con diverse sperienze (*b*); ma che avessero giuste teorie delle cagioni di tai fenomeni, questo nè in Seneca, nè in verun altro antico si conosce assai chiaramente. Seneca si riporta talor a' geometri come più esatti e precisi, e più convincenti nel loro ragionare: ma appunto de' geometri non ci rimangono in questa materia che pochi opuscoli sotto il nome d' Euclide, e d' Archimede, ma che al giudizio de' buoni critici non sono di tali autori, e certamente non ne sembrano degni. Più sarebbono da desiderarsi i libri d'ottica di Tolommeo, che sono tutti periti, ma che possiamo credere contenessero utile e soda dottrina. Perciocchè

Seneca.

Tolommeo

(*a*) *Nat. quaest.* lib. I. (*b*) Ibid. c. vI.

da

da quel poco, che vediamo in Alhazen, Vitellione, e Ruggiero Bacone, conosceva egli chiaramente la rifrazione della luce, e qualche cagione di essa, la rifrazione astronomica, e l'illusione dell' occhio sul vero luogo delle stelle verso l' orizzonte, come pure la ragione della maggiore grandezza apparente degli astri all' orizzonte che al zenit.

Qualunque però sia stata la dottrina ottica di Tolommeo, e de' greci, a che ci avrebbe servito, se gli arabi, e i latini loro discepoli non ce l' avessero trasmessa. Smarriti sono i lor libri, nè altro ci rimane dell' ottica greca che i libri non assai fondatamente onorati co' rispettabili nomi d' Euclide, e d' Archimede, i quali poco o niente c' insegnano; e possiamo dire, che la scienza ottica, tuttochè coltivata da' greci, non incomincia per noi che dall' epoca degli arabi. Questi, seguaci sempre de' greci, spesso copisti, talor corruttori, e talor anche correttori, ed ampliatori, scrissero parecchie opere su l' ottica; e libri di prospettiva, e su gli specchj ustorj d' Alhassan, libri ottici d' Alkindi, problemi ottici di Zarkalli, e scritti, e trattati ottici, e catottrici di varj arabi si vedono citati nelle biblioteche orientali; ma solo Alhazen si è fatto conoscere pubblicamente dalla dotta posterità, e le sue opere sono state la scorta, che presero a seguire gli altri scrittori. La rifrazione astronomica conosciuta da' greci è stata da lui spiegata più chiaramente; anzi ha egli anche proposto un metodo di osservarla e determinarla

Arabi scrittori d'ottica.

Alhazen.

assai giustamente col mezzo dello stromento astronomico delle armille (a). Dalla dottrina di Tolommeo, e d' Alhazen formò la sua ottica Vitellione, più profondo geometra, che non fosse da sperarsi in quell' età; e la medesima diresse ne' suoni ottici paradossi il famoso Ruggiero Bacone, genio superiore al suo secolo, che fra i pregiudizj e gli errori allor dominanti seppe travedere molte utili verità. La teorìa della rifrazione della luce da lui conosciuta per le opere di Tolommeo e d' Alhazen, la notizia de' varj fenomeni sì della rifrazione, che della riflessione, e de' maravigliosi effetti pel loro mezzo prodotti già dagli antichi, il vivace suo ingegno, e la calda immaginazione gli paravano innanzi mille nuovi portenti degli specchj e de' vetri, alcuni possibili, ed altri no, ed egli poi gli spacciava con franchezza, e senza riserva, e prorompeva in espressioni, e promesse (b), che l' hanno fatto riconoscere da alcuni per l' inventore degli occhiali, e de' telescopj. Veramente ciò ch' egli dice su' vetri convessi e concavi, e su l' aggrandimento degli oggetti prodotto per essi nella vista, tuttochè fondato su una dottrina non sempre vera, poteva nondimeno bastare per fabbricare gli occhiali; ma dalla stessa sua dottrina si ricava assai chiaramente, che egli non conosceva per esperienza tali effetti de' vetri, e parlava solo per pura teorìa, e talor

Vitellione.

Ruggiero Bacone.

(a) Lib. vII, t. iv.
(b) *Perspect.* part. III, dist. II ec., et alibi.

anche per vana immaginazione. Pe' telescopj poi sono sì false alcune sue asserzioni, ed altre, quantunque vere, sì vaghe, ed inesatte, che mostrano evidentemente quanto fosse egli ancora lontano non solo dall' esecuzione, ma dalla vera idea di tali stromenti, e della loro costruzione. Lasciamo dunque al Bacone la gloria d' un alto ingegno, e di una vastità di cognizioni molto superiore al suo secolo, ma non vogliamo profondergli troppo largamente l' onore d' autore, e padre di queste invenzioni. Gli occhiali in verità furono a que' tempi scoperti, cioè verso la fine del secolo decimoterzo tra 1280 e 1300; poichè fra Giordano di Rivalto in una predica nel 1305 diceva „ non è ancor vent' anni, che si trovò l' arte „ di far gli occhiali "; ed il Redi cita un codice della sua biblioteca, dove nel 1299 scrivevasi „ mi trovo sì gravoso d' anni, che „ non avrei valenza di leggere, e scrivere „ senza vetri chiamati occhiali, trovati novel„ lamente "; e un altro codice della biblioteca di santa Caterina di Pisa, dove leggevasi di frate Alessandro di Spina morto nel 1313. *Ocularia ab aliquo primo facta, et communicare nolente, ipse fecit, et communicavit*: e benchè non ci sia incontrastabilmente palese chi ne fosse il primo inventore, è però molto probabile, che sia stato un *Salvino d' Armato degli Armati di Firenze*, il quale veniva lodato in una sepolcrale iscrizione, che or più non esiste, come *inventor degli occhiali*, o almen

Invenzione degli occhiali.

qualch' altro toscano (*a*). Ma quest' invenzione, benchè molto utile alla società, e degna della nostra riconoscenza, non era che una meccanica applicazione della teorìa, allora già assai conosciuta, e comune, della rifrazione della luce per mezzo al cristallo, niente però accresceva i lumi della diottrica, nè produsse all' ottica scienza alcun riguardevole avanzamento. Alla fine soltanto del' secolo decimosesto s' incominciò a recarle qualche miglioramento, e poi nel passato si vede sorgere per essa una nuova epoca, o, per dir meglio, nel passato secolo si formò l' ottica, quale non era ancora, una vera ed esatta scienza.

Per quanto studio si fosse fatto da' greci, dagli arabi, e da' latini su la maniera di formarsi ne' nostri occhi la visione, non si avevano ancora che storte ed erronee idee; il *Maurolì* Maurolico diretto dalle sue geometriche speculazioni (*b*), ed il Porta coll' invenzione della *Porta* sua camera oscura, e col suo vivace ingegno (*c*) furono i primi a darle assai vere e giuste, benche non le conducessero neppur essi alla dovuta esattezza e perfezione; e seppero spiegare alcuni fenomeni ottici, ch' erano stati inintelligibili agli anteriori geometri, e fisici. L' arco-baleno aveva occupato per molti secoli lo studio de' fisici, e de' geometri; ma co-

(*a*) V. Manni *De Florent. inventis* cap. xxv.; Smith *Cours d' opt.* l. I, c. III, not. 42.

(*b*) *Photismi de lumine et umbra* ec.

(*c*) *Magiae natur.* lib. XVII.

me tutti volevano derivarlo unicamente dalla riflessione, non potevano darne che spiegazioni lontani dalla verità. Un fisico tedesco Fletcher cercò di aggiungere alla riflessione la doppia rifrazione, ma non seppe farne la giusta applicazione; e toccò la gloria di questa ad Antonio de' Dominis, che ad essa soltanto dèe la celebrità, che conserva nella storia delle scienze, benchè la sua spiegazione abbia abbisognato di nuovi lumi recati posteriormente dal Cartesio, e dal Newton. La prospettiva era stata trattata dagli antichi fino da Democrito, e da Anassagora, e da' moderni Pietro della Francesca, e Alberto Durer, Peruzzi, Barocci, ed altri, e sopra tutti singolarmente dall' erudito Daniele Barbaro: ma questi non la trattarono che per la pratica; e il ridurla a principj certi, e rigorose dimostrazioni, ed a geometriche teorie, e formarne una scienza esatta, fu merito unicamente del dotto geometra Guidobaldo. Dopo questi ed altri scrittori di ottica comparve a suo illustramento il Keplero, trattolla da genio vasto e profondo quale egli era, e colla piena ed esatta spiegazione della vera maniera, onde formasi la visione, e de' fenomeni fisici, ed astronomici non intesi dagli altri, e d' altri nuovamente da lui osservati, co' tentativi ingegnosi per dare una giusta legge della rifrazione della luce, e con altre utili scoperte le recò egli solo maggiore vantaggio, che tutti insieme i precedenti scrittori (*a*). Pure con tutte le scoperte, e

Guidobaldo.

Keplero.

(*a*) *Paralip. in Vitellionem* ec.

con tutti i lumi del Keplero, e degli altri geometri e fisici riceveva bensì l' ottica maggiore lustro e splendore, ma restava nell' antico suo stato, non prendeva ancora un nuovo essere, non trasformavasi in una scienza, che si potesse dir nuova. Questo sì notabile cambiamento, questa gloriosa trasformazione non venne all' ottica che coll' invenzione de' telescopj.

Invenzione de' telescopj. Egli è realmente obbrobrioso alla storia, e alle scienze, che gl' inventori delle più utili ed interessanti scoperte restino comunemente sconosciuti ed oscuri, privi di quella gloria e chiarezza di nome, che si accorda prodigamente a tant' altri poco benemeriti, talor anche nocevoli all' umanità. Per quanti discorsi, e argomenti vogliamo ricavare dalle memorie lasciateci dal Borel (*a*), dall' Ugenio (*b*), e da altri, non potremo venire in chiaro del vero nome del primo inventore de' telescopj (*c*). Ma sia Giacomo Mezio, o Zaccarìa Jans, ovvero Giovanni Lapprey, o qualunque altro siasi, la sua scoperta non fu dovuta che al caso, nè servirono i primi telescopj olandesi che per mero trastullo, e divertimento. La gloria di ritrovare per giusta teorìa la costruzione di tali stromenti, d' applicarli alle osservazioni celesti, e di renderli sommamente utili all' astronomìa, fu tutta del Galileo. Questi, udita appe-

Galileo

(*a*) *De vero telescopii inventore*.
(*b*) *Dioptric.* (*c*) V. Montucla *Hist. des Math.* part. IV, lib. III.

-ta la notizia di tale invenzione, cominciò a riflettere, che la superficie concava de' vetri diminuisce gli oggetti; la convessa gli accresce, ma li mostra assai indistinti, ed abbagliati; la piana punto non gli altera; e conchiuse, che l' accoppiamento del vetro concavo col convesso doveva dargli l' intento. Fece dunque la pruova, e con un tubo di due vetri, l' obbiettivo convesso, e concavo l' oculare, trovò ingrandirsi straordinariamente gli oggetti, e incoraggito dalla felice riuscita seguitò a migliorare i cannocchiali, e dagli oggetti terrestri passò ad applicarli a' celesti, e rese così fecondo d' astronomiche e fisiche scoperte quello stromento, che sarebbe rimasto sterile nelle mani dell' artefice olandese, e possiam dire, che quante diottriche novità si sono poi ritrovate, più deonsi al raziocinio del Galileo, che alla sorte del primo inventore. Nuovi cieli si svelarono tosto alla vista degli osservatori, e i miracoli del nuovo occhiale erano l' oggetto dell' attenzione, e della curiosità di tutta l' Europa. Il Keplero col solito suo entusiasmo chiamava Ercole il Galileo, e il telescopio la clava, e alla passione e al trasporto, con cui riguardava questo stromento, dobbiamo i bellissimi lumi, che ci diede nella sua dotta opera della diottrica. Su questa tentò di nuovo il Keplero di fissare la giusta legge della rifrazione, che non aveva potuto determinare precisamente nella prima sua opera ottica de' *Paralipomeni a Vitellione*; e se non giunse a stabilirla con geometrico rigore, prese colla sperienza

Keplero.

una determinazione congetturale, che trovò sempre conforme a' fatti, e coerente alla verità. Esaminò le proprietà de' vetri lenticolari, determinò esattamente il foco de' pianoconvessi, e di que' che da' due lati sono ugualmente convessi, contentandosi d' un' approssimazione pe' disugualmente convessi, ed applicò a' concavi la stessa misura, ma dall' opposto lato. Quindi ritrovò senza difficoltà il cambiamento, che un vetro convesso opera nella direzione de' raggi, che vengono da punti diversi, e mostrò in quale caso dovranno divenire convergenti, in quale divergenti. Esaminò l' immagine degli oggetti, che si forma per mezzo de' vetri convessi, e ne spiegò il necessario rovesciamento; stabilì la grandezza dell' immagine, che alla diversa distanza del vetro dal luogo dell' oggetto, e da quel dell' immagine sarà conveniente; e diede geometricamente tutta la teoria de' telescopj. Questo profondo esame gli fece vedere, che due vetri convessi darebbero ancora maggiore ingrandimento degli oggetti, che uno convesso, e l' altro concavo, ma che presenterebbero l' immagine rovesciata. Questa scoperta rimase sterile nelle mani del Keplero, nè allor si conobbe altro telescopio che il *batavico*, o *galileano* d' un obbiettivo convesso, ed un oculare concavo; ma poco di poi lo Scheinero mise in opera felicemente questa cognizione, e fece telescopj, che or chiamansi *astronomici* di due lenti convesse, che davano molto moggior ingrandimento e chiarezza, e perchè in essi gli oggetti

Scheinero.

getti presentansi rovesciati, osserva egli, che tale rovesciamento niente pregiudica alla visuale configurazione delle stelle, essendo queste rotonde; e per gli oggetti terrestri trovò la maniera di farli con un pezzo di carta vedere raddirizzati; e dice, che in quella guisa era egli solito di far vedere a molti le macchie, e le facule del Sole, e in quella stessa più di tredici anni prima aveva fatto vedere varj oggetti all' arciduca d' Austria Massimiliano. Colla stessa arte, soggiunge, è nato il microscopio, il quale maravigliosamente ingrandisce gli oggetti, che per la loro picciolezza sfuggon la nostra vista, e conchiude, che con tre lenti convesse si presenterà l' oggetto ingrandito, ed anche diritto. Tutto questo dice lo Scheinero nella sua *Rosa Ursina* (a); ed essendosi incominciata la stampa di quel libro nel 1626, benchè finita soltanto nel 1630, prova, che almeno fino dall' anno 1613, cioè quando ne fece uso coll' arciduca Massimiliano, adoperava già lo Scheinero i telescopj detti *astronomici* di due lenti convesse, e che non molto di poi si conobbero anche que' di tre vetri convessi, e che è privo di fondamento il volerne attribuire al cappuccino Reita l' invenzione, al quale forse saranno dovuti i telescopj di un obbiettivo, e di tre oculari tutti convessi, ch' egli prima d' ogni altro descrive (b), quando non vogliano

(a) Lib. II, cap. XXX.

(b) V. *Oculus Enoch*, & *Eliæ* ec.

attribuirsi al Campani, ed i binocoli, ne' quali per due tubi diversi si guarda co' due occhi lo stesso oggetto, quando anche di questi non vogliasi riconoscere l'origine dal celatone inventato dal Galileo per osservare in mare le stelle. L'invenzione de' microscopj composti di due vetri convessi si vede anche dal citato passo dello Scheinero essere nata a que' tempi, e non ebbe questo presente il Montucla (a), quando asserì non avere noi vestigio di microscopio composto di due vetri convessi che solo nel 1646 in un' opera del Fontana, il quale volle attribuirsene l'invenzione (b). Il Viviani (c) dà al Galileo la lode dell' invenzione del microscopio di una, e di due lenti, e dice, che fino dal 1612 ne inviò uno in dono al re di Polonia. Bisogna dir nondimeno, che quell' invenzione fosse allora molto imperfetta, perchè ancor nel 1624 mandandone uno il Galileo al principe Cesi, gli scrive „ ho tardato a mandarlo, perchè non „ l'ho prima ridotto a perfezione, avendo a„ vuto difficoltà in trovare il modo di lavo„ rare i cristalli perfettamente " Questo microscopio da quel poco ch' ei ne descrive, non fu che semplice, formato soltanto d'una picciola sfera, o lente di vetro, e prese sbaglio il per altro accurato Montucla quando disse non essersi fatti questi di picciolissime lenti,

Invenzione de' microscopj.

(a) Part. IV, lib. III.
(b) *Nova terr. & cælest. obs. Neapoli* 1646.
(c) *De locis solidis Aristei* ec. *Inscriptiones* ec.

che verso la metà del passato secolo. Il Viviani (*a*) dice, che il Galileo inventò, ed anche lavorò microscopj di una, e di due lenti; ma non per questo si dovrà credere, che inventasse il microscopio composto di due vetri convessi, perchè egli non conobbe altra combinazione di vetri per ingrandire otticamente gli oggetti che d' uno convesso, e l' altro concavo, com' egli stesso lo dice nel *Saggiatore*, e come gli rimprovera lo Scheinero (*b*). Forse l' invenzione di questi microscopj di due vetri convessi sarà stata opera del Drebbel, al quale si da comunemente, non so il perchè, la lode d' inventore de' microscopj: ma prima del 1621, in cui vuole l' Ugenio (*c*), seguito dallo Smith (*d*), che fabbricasse egli in Londra tali stromenti, cita già il Viviani quelli del Galileo, ed osserva altronde il Montucla, che dalla stessa lettera del Borel, onde si prende questa notizia del microscopio del Drebbel, si rileva altresì, che il microscopio usato da questo in Londra non era fatto che da Zaccarìa Jans (*e*). Diamo dunque al Galileo la gloria della prima invenzione de' microscopj, o lasciamo quest' invenzione ugualmente sconosciuta ed oscura che quella de' telescopj. Ma è ben da far maraviglia, che mentre in tante guise si lavorava da molti al miglioramento de' cannocchiali, scrivesse ancora il Car-

(*a*) L. c. (*b*) L. c. (*c*) *Dioptr.* ec.
(*d*) *Cours d' Opt. remar.* l. I, c. IV.
(*e*) *Hist. des Math.* l. c.

tesio, che quanti se n' avevano al suo tempo, tutti erano soltanto sul modello dell'olandese. Con più verità potè dire il medesimo Cartesio, che di quanti avevano trattate quelle materie, nessuno aveva bastantemente dimostrato quale figura esigessero tali vetri (a); e a questa curiosa, ed utile sua ricerca dobbiamo la dotta ed interessantissima opera, che ce ne diede alla luce, e il nuovo aspetto, che prese allor questa scienza.

Cartesio. Quante nuove e belle dottrine non ci presenta nella sua diottrica quel sublime e fecondo ingegno! La natura del lume sposta se non con tutta l' esattezza della verità, con chiarezza almeno, e giustezza di filosofici ragionamenti, la costruzione dell' organo della vista, e tutto il meccanismo della visione illustrata con quella pienezza e perfezione, che non le aveva potuto dare il *Keplero*; la legge della rifrazione della luce data da questo soltanto per approssimazione, fissata poi con precisione dallo Snellio, trovata per una via diversa ampliata con maggior distinzione, e da lui prima di ogni altro assai chiaramente spiegata; la figura de' vetri più propria per unire in un punto più raggi paralleli all' asse creduta per congettura dal *Keplero* una sezione conica, dimostrata da lui realmente un' ellisse, ed un' iperbole; la geometria arricchita d' una nuova specie di curve da noi sopra accennate, dette *ovali di Cartesio*; spiegate varie condi-

(a) *Dioptr.* c. I.

zioni dell' arco-baleno non toccate dal primo suo spiegatore Antonio de Dominis; e molt' altre utilissime cognizioni furono il frutto della *diottrica* del Cartesio, uno de' libri più pieni e più ricchi di scoperte, e di verità, che siano usciti dalle dotte sue mani. La spiegazione della rifrazione eccitò a Cartesio molti oppositori, fra' quali il celebre Fermat l' attaccò con maggiore ardore, e non solo con lui vivente, ma ancor dopo la sua morte ebbe a contendere co' suoi partigiani. La spiegazione del Cartesio era assai vera nel fondo, ma sposta in guisa da soggiacere a molte difficoltà; e le opposizioni, che gli mossero contro que' grand' uomini, e le risposte date da lui, e da' suoi seguaci servirono grandemente ad illustrare la diottrica, e rischiarare alquanto quella materia, che ancora dopo le spiegazioni del Gregori, dell' Ugenio, dello stesso Newton, e di molti altri non lascia abbastanza paga, e contenta la mente critica de' filosofi. La dottrina diottrica di Cartesio recò molto lume alla teorica; ma non produsse alla pratica quel notabile miglioramento, ch' egli con qualche ragione si era lusingato di dovervi operare. Per unire in un punto più raggi, e schivare quel difetto, che chiamasi l' *aberrazione di sfericità*, pensò giustamente il Cartesio di sostituire alle lenti sferiche l' ellittiche od iperboliche: ma la difficoltà di lavorare i vetri in tali figure, più che alcune ragioni contrarie a queste figure, non lasciò ridurre a pratica gli ammaestramenti del Cartesio, e i vetri segui-

tarono a lavorarsi come prima in porzioni di sfera senza cercare altre figure. Non fu più fortunato nel suo tentativo il Gregori; ma giovò nondimeno assai più alla pratica di quell' arte per l'eccitamento, che diede ad una nuova scorta di telescopj. Sono degne della riconoscenza degli ottici, e de' geometri le nuove verità non osservate da altri, che scoprì egli per dare a' vetri lavorati maggiore chiarezza, distinzione, ed ingrandimento; ma il principale suo merito fu l'invenzione de' telescopj di riflessione, benchè non gliene riuscisse l'esecuzione con troppa felicità (a). Oltre l'imperfezione de' cannocchiali di lenti sferiche, che pretese di correggere il Cartesio, osservò il Gregori un'incurvazione dell'immagine, che cercò di levare. Trovò in oltre, che i vetri iperbolici riceverebbero bensì molto lume, onde ingrandire di più gli oggetti, ma sarebbero troppo spessi, e non l'avrebbon trasmesso tutto. Per ovviare a tutti questi inconvenienti pensò prima a' vetri ellittici e parabolici; ma la difficoltà di lavorare tali vetri lo fece rivolgere agli specchj di riflessione. Propose pertanto d'applicare due specchj concavi, parabolico l'uno, e l'altro ellittico, che credeva sarebbero stati più facili di lavorarsi che i vetri, e che avrebbono tolta l'*incurvazione* dell' immagine, e gli altri difetti de' vetri sferici. Ma vane furono le sue lusinghe: gli specchj non si mostrarono più docili de' vetri nell' ar-

Gregori.

Telescopj gregoriani.

(a) *Optica promota.*

rendersi a prendere quelle figure, nè i telescopj di riflessione ebbero dalle mani del Gregori il desiderato riuscimento. Questa lode, come molte altre, era riservata al gran Newton; e l'ottica, come quasi tutte le scienze sublimi, attendeva da lui la sua perfezione. I vantaggi, che ognor più si trovavano de' telescopj, e de' microscopj impegnavano l'attenzione de' fisici, e de' geometri per cercare all' ottica maggiori lumi, sì pratici, che teorici. Il miglioramento de' vetri pel cambiamento della figura in ellittica, od iperbolica non era sperabile di ottenersi: la lunghezza del foco de' medesimi poteva arrecare altri vantaggi, doveva dare più lume, soffriva oculari più forti, ed ingrandiva di più gli oggetti. Studiavansi pertanto gli ottici di accrescere sempre più la lunghezza del foco, e di lavorare lunghissimi telescopj. Il primo a distinguersi in questa parte fu il Divini, il quale però restò vinto in breve dal Campani, i cui lunghissimi cannocchiali ottennero l'onore di servire al Cassini nelle sue grandi scoperte, ed hanno conservato anche posteriormente maggiore riputazione presso gli astronomi. *Divini, e Campani.* Altri ajuti e maggiori vantaggi ricevè l'ottica dal dottissimo geometra, e sublime meccanico Ugenio. *Ugenio.* Le profonde speculazioni, che fece questo grand' uomo su la natura, e su la rifrazione della luce, su l'organo della vista, su la formazione della visione, su la politura de' vetri, su la costruzione de' cannocchiali produssero le diverse opere, ch' egli lasciò su queste

materie, e che hanno molto servito per accrescere i lumi di tutta l'ottica, e particolarmente della diottrica (*a*). Ma forse più che colle opere, e più che colle teorie giovò egli a questa scienza colla sua pratica, e collo stromento, che regalò all'astronomìa, quale non ancora l'aveva avuto, d'un nuovo e particolar telescopio, e d'un mezzo di maneggiarlo con sicurezza, e facilità. I telescopj diottrici dopo l'introduzione de'catottrici sono molto caduti di prezzo: amasi la picciolezza, e la comodità di questi, e si rende quasi insopportabile la lunghezza, e la difficoltà degl'immensi tubi diottrici. Pur come questi hanno sopra i catottrici il vantaggio di ricevere il micrometro, e dare così maggiore esattezza alle osservazioni, seguitarono ancora gli astronomi ad usarli, e gli ottici a procurare il loro ingrandimento e miglioramento; ed Auzout, Hook, Hartzoecker, e parecchi altri ne diedero altri, o maggiori, o più facili a maneggiarsi, o che compensassero la mancanza di maggiore ingrandimento co' pregi di maggiore chiarezza e di-
Hook stinzione. L'Hook in oltre si fece un merito particolare in quest' arte col pensiero d'unire al vetro un liquido meno rifrattivo (*b*), il quale se restò allora inutile pel suo intento, ha poi felicemente servito ad altre invenzioni ottiche. I microscopj seguirono anch' essi quasi gli stessi passi de' telescopj. Noi abbiamo

(*a*) *De lum. Dioptr. Var. de Opt.*
(*a*) *Transact. philos.* 1666.

det:

detto di sopra, che dopo il principio del passato secolo il Galileo, il Drebbel, ed altri usarono de' microscopj semplici e composti; ma realmente la finezza e perfezione del lavoro degli uni e degli altri non fu conosciuta che posteriormente. Alle picciole lenti di cortissimo foco difficilissime a lavorare si sostituirono piccioli globetti fusi alla fiamma; e Butterfield, Hook, Gray, e parecchi altri ne lavorarono in guise diverse. Il Gray in oltre introdusse una sottilissima goccia d' acqua a fare le veci di vetro finissimo, e formò due sorti diverse di microscopj d' acqua. Altra maniera di microscopj inventò il Wilson, altra il Marsham, e così molt' altri, che possono vedersi descritte nello Smith (*a*). Celebri sono i portenti de' picciolissimi animaluzzi osservati con essi dal Leeuwenhoek, dall' Hartzoecker, dal Gray, e da altri, che noi non possiamo qui riferire, ma che provano abbastanza quanto si fosse avanzata a que' tempi la costruzione de' microscopj. Nè minori progressi faceva l' ottica nella parte teorica, e nell' acquisto di nuove ed utili cognizioni. Gli ottici non conoscevano nella luce che due deviazioni, o cambiamenti di direzione, cioè la riflessione al giungere a' corpi opachi, e la rifrazione al passar pe' diafani, o per mezzi di specie diversa. Due altre ne scoprì il Grimaldi: la dispersione de' fili luminosi d' un raggio solare, e la detta da lui *distrazione*, e

Miglioramento de' microscopj.

Grimaldi.

(*a*) *Cours d' Opt.* lib. III, c. XVIII.

dal Newton poi *inflessione*, quando la luce passando liberamente per l'aria s' accosta vicinissima ad un corpo senz'arrivare a toccarlo, e declina dal diritto suo corso piegandosi verso quel corpo. E queste due scoperte apriro- no agli ottici la via di molte nuove ed utili speculazioni (*a*). Il Cavalieri esaminando gli specchi ustorj trovò varie proprietà delle diverse figure coniche applicabili a tali specchi; e definì in oltre il foco de' vetri disugualmente convessi, che il Keplero non seppe determinare (*b*). Il Barow, più profondo geometra, portò più avanti la teorìa de' fochi de' vetri diversi, e della combinazione diversa di convessità, e concavità differenti; diede nuovi principj per determinare il luogo apparente degli oggetti veduti per riflessione, o per rifrazione, ed illustrò con nuove teorìe, e con nuovi lumi molti punti dell' ottica curiosi ed interessanti (*c*).

Cavalieri. *Barovv.*

Così i più dotti geometri impiegavano le loro meditazioni nella cultura dell' ottica; così i più valenti artefici si studiavano di recarle qualche miglioramento; così in varie guise illustravasi quella scienza, e preparavasi a ricevere la nuova forma, che le doveva apportare il Newton. La luce presentatási agli occhi di tutti, e da nessuno veduta, si lasciò non solo vedere, ma toccare, e maneggiare dal Newton: a lui svelò volentieri la sua natura, e

Nevvton.

(*a*) *De lumine, coloribus, & iride.*
(*b*) *Exercitat.* ec, (*c*) *Lect. opt.*

parve, che si compiacesse di vedersi contemplare nelle più minute sue parti da' fissi sguardi di quel genio sovrano. Non dirò le sagaci sperienze, le attente osservazioni, le finissime diligenze usate dal Newton per penetrare ne' più intimi suoi seni, e vederla ne' suoi impercettibili atteggiamenti. Allor finalmente si scoprì la luce un corpo come gli altri, agilissimo bensì, e quasi d' infinita velocità, ma che impiega pur qualche tempo nel suo moto: si vide come si slancia dal corpo luminoso; trapassa i corpi diafani, e sente l' attrazione delle lor particelle, declinando più, o meno dalla sua direzione secondo la varia densità di que' mezzi; passa vicina ad altri corpi, e si difrange, e si piega attratta verso di loro; urta ne' corpi opachi, e mostra la sua elasticità nella pronta e regolare riflessione; e s' assoggetta in somma alle leggi tutte del moto de' corpi. Allora parimenti comparve la luce sottilissima sì, ma pur composta di particelle eterogenèe, e sottomesse nelle mani del Newton ad una rigorosissima dissezione, mostrò i suoi raggi composti di sette raggetti primigenj, ed inalterabili, tutti fra lor differenti, di massa o densità diversa, diverso colore, e diversa rifrangibilità, e fece così vedere i germi stessi de' colori, i fenomeni diversi de' corpi colorati, la cagione producitrice dell' arco-baleno, gli accidenti delle immagini degli oggetti presentateci per mezzo de' vetri, e mille oscurissimi arcani della natura,

e dell' arte (a). Meccanica della luce, anatomia della luce, fenomeni grandi, dettagli insensibili agli altri occhi, vaste osservazioni, minute sperienze, tutto ciò che è verità, tutto è fatto pel Nevvton, il dio della luce, il vero Apollo della Filosofia. La decomposizione della luce, l' osservazione della costante e perpetua diversità di rifrazione ne' raggi diversi, l' esame dell' inalterabile loro rinfrangibilità gli fecero riflettere, che il maggiore difetto de' telescopj diottrici consisteva nell' iride, che formano i vetri; derivata dalla diversa rifrazione; diverse sperienze riuscite con poca felicità l' indussero a credere, che non vi fosse rimedio per questo male; e il suo genio fecondo di opportune risorse gli suggerì il mezzo d' ottenere gli stessi effetti di moltiplicazione de' raggi di luce, e d' ingrandimento degli oggetti senza esporsi agl' inconvenienti della rifrazione de' vetri. A' telescopj diottrici sostituì i cattotrici; in vece de' vetri, che rifrangono il lume, che rompono i suoi raggi, e separano i suoi colori, adoperò specchi, che lo riflettono, e rimandano i raggi senza scomporli, senza presentare distintamente colori diversi, senza produrre confusione. Chiuse una estremità del tubo, e vi collocò uno specchio concavo, che riceveva gli oggetti per l' altra estremità aperta, e ne mandava l' immagine ad uno specchietto piano, e inclinato posto avanti il punto del foco, che la rimandava ad un

Telescopj nevvtoniani

(a) *Neutoni Opt., Lect. opt.*

piccolo foro nel lato del tubo, dove l' occhio la riceveva per mezzo d' una oculare. Non più iride, non più colori, non più confusione; in picciolo tubo, e facile a maneggiarsi s' ingrandisce l' oggetto quanto negl' immensi ed intrattabili tubi diottrici. Furono pertanto i telescopj newtoniani ricevuti dagli astronomi con curiosa avidità, e con piena soddisfazione. La dottrina del Newton dell' emissione della luce, e dell' immutabilità de' sette colori ha avuto, ed ha anche presentemente di tanto in tanto i suoi oppositori; ma ha sempre parimente trovati più e maggiori difensori, ed illustratori, e si può dire, che ha sempre trionfato de' suoi avversarj, e regna tranquilla e gloriosa nella filosofia. L' invenzione de' telescopj catottrici gli è stata contrastata da molti: alcuni italiani ne hanno voluto dare la gloria ad un P. Zucchi, autore d' un' ottica, e d' altre opere matematiche or poco conosciute; molti francesi al Mersenno, il quale ne propose uno al Cartesio, e questi lo rifiutò (a). L' inglese Gregori ha realmente più diritto di tutti gli altri alla gloria dell' invenzione. Fu suo il pensiero di applicare a' cannocchiali gli specchi in vece de' vetri, credendoli più facili da lavorarsi in figura ellittica, e parabolica, che avrebbe corretti i difetti de' vetri sferici, ed anche della troppa grossezza degl' iperbolici, se mai si fosse riuscito nel lavorarli. Ma a che servono i pensieri quando non possono ridursi ad esecu-

Pretensioni di varj all' invenzione de' telescopj catottrici.

(a) Cart. epist. xxix. e xxxiI, part. iI.

zione? Le idee del Gregori rimasero senza effetto. Solo il Nevvton ebbe l' accortezza di riflettere, che i difetti d' aberrazione, e d' incurvazione restavano quasi insensibili in picciole porzioni di sfera, quali sono i vetri de' telescopj, e che il difetto principale di questi non è che la rifrazione diversa de' raggi della luce, la quale sarebbesi ugualmente tolta cogli specchi sferici, che con que' di qualunque altra figura conica. La semplicità e verità de' pensieri, e la facilità d' eseguirli è l' opera del genio; e se noi abbiamo telescopj di riflessione sì utili all' astronomia, e alla fisica, non li dobbiamo che al Newton, il quale prese l' idea della loro utilità pel vero suo aspetto, e ne diede l' esecuzione. Al pubblicarsi nell' Inghilterra l' invenzione del Newton (*a*) volle tosto il Cassegrain nella Francia riclamarne l' anteriorità (*b*), e propose il suo telescopio catottrico, nel quale lo specchio del fondo, che il Gregori voleva concavo, doveva essere convesso. Varj furono su questi punti i dibattimenti (*c*); ma il telescopio del Cassegrain non fu mai ridotto ad esecuzione, e rimase soltanto stimato, e trionfante quello del Nevvton. Questo stesso per lungo tempo non venne molto adoperato, finchè in questo secolo Giovanni Hadley si prese a lavorarne alcuni, e diede loro universale celebrità. Il medesimo giun-

(*a*) *Transact. philos. an.* 1672.
(*b*) *Jour. des Savans* 1672.
(*c*) V. Nevvton *Opusc.* tom. II.

se poi anche a formarne de' gregoriani. Il Short ne lavorò altri ancor più perfetti; il Molineux, ed altri parecchi cercarono di dare maggiori comodi, e maggior perfezione a' telescopj ed a' microscopj di riflessione, e venne ognora più la catottrica guadagnando maggiori lumi, ed acquistando miglioramenti.

Per altra via s'arricchiva questa di nuove cognizioni, e si rendeva più utile allo scoprimento della natura, ed a' lavori dell' arti. Gli specchi ustorj, adoperati già dagli antichi furono dal Magini professore di Bologna portati a gran perfezione; e vuolsi, che questi eccitassero il Cavalieri a darci le belle teorie su' fochi delle diverse loro figure, che leggiamo nella sua opera su questa materia (*a*). Il Settala li lavorò ancor più perfetti; e poi il Villette superò il Settala, e quanti l' avevano preceduto. Ma tutti doverono ceder la mano al celebre specchio ustorio dello Tschirnausen, del quale si vedevano effetti sì straordinari, che movevano la maraviglia di tutta l' Europa (*b*). Maggiori eziandio furono i portenti, che operò lo Tschirnausen nella diottrica. Le famose sue *caustiche*, delle quali abbiamo altrove parlato, sono frutto delle attente meditazioni, che fece su la riflessione, e su la rifrazione del lume. Queste lo portarono a desiderare vetri convessi più grandi, e più perfetti, i quali esposti al sole fossero nuovi for-

Specchj ustorj.

Tschirnausen.

(*a*) *De speculis ustoriis*.
(*b*) *Act. Lips.* 1687, 1692.

nelli, che dessero una nuova chimica; ed egli ne lavorò sì grandi, e sì attivi, che il Fontenelle li chiamò novità quasi miracolose di diottrica e di fisica, ed enimmi per gli artefici più intendenti (*a*). In questo secolo gli specchi ustorj, e la dottrina della riflessione del lume ha ricevuti ancora molti vantaggi. I famosi specchi d' Archimede, che avevano un foco sì lontano da poter abbruciare le navi romane, erano stati creduti da tutta l' antichità: ma Cartesio, ed altri moderni negarono apertamente il fatto per non saperne concepire la possibilità. Il Kircher fu il primo, che riflettendo su la descrizione di tale fatto dataci da Tzetze, volle colla prova verificare la possibilità, e gli riuscì di produrre ad una distanza maggiore della solita un assai forte
Buffon. calore (*b*). Ma il Buffon portò più oltre la pruova, e rese molto più utili le sue sperienze (*c*). Egli mostrò quanto sieno più opportuni per la riflessione i vetri stagnati, che gli specchi metallici per quanto sieno politi; egli fissò quanta sia la forza, che perde il lume riflesso paragonato al diretto; egli immaginò una combinazione di specchi piani, che porta il foco all' alto, al basso, dove si voglia, ciò che riesce molto comodo e vantaggioso per parecchie fisiche e chimiche sperienze. Questa artifiziosa collocazione di diversi

(*a*) *Eloge de Monsieur Tschirnausen.*
(*b*) *Ars magna lucis & umbræ.*
(*c*) *Acad. des Sc.* 1747.

spec-

specchi piani gli diede anche il bramato intento di portare il foco di tutti ad una lunga distanza, ed abbruciare un corpo 150 piedi lontani, e di far vedere praticamente, che potea realmente Archimede operare dalla città nel porto di Siracusa il descritto effetto dell' incendio delle navi. Altre scoperte fece il Buffon, altre il Cassini, altre il Courtivron, ed altre parecchi altri (*a*): ma noi non possiamo seguire minutamente ogni cosa, e veniamo al più interessante ritrovato diottrico di questo secolo, che è quello de' telescopj acromatici tanto famosi.

Dall' Eulero prende l' origine quest' utile e gloriosa scoperta. L' Eulero può in qualche modo chiamarsi il secondo Newton, che ha formata una nuova epoca in ogni classe delle matematiche. Alcune sperienze indussero il Newton ad asserire, che solo „ se i raggi e„ mergenti saranno paralleli agl' incidenti, po„ trà aversi il lume bianco, e che se gli e„ mergenti saranno obbliqui agl' incidenti, il „ lume vi prenderà sempre varj colori (*b*) “; e quindi, sebbene ebbe qualche pensiero, che oggettivi composti di due vetri, il cui spazio intermezzo fosse pieno d' acqua, potessero correggere l'aberrazione della sfericità, non pensò mai nondimeno, che potesse servire questo mezzo per levare, o diminuire la dispersione de' raggi, o l' aberrazione, che dicesi della ri-

Telescopj acromatici Eulero.

(*a*) *Acad. des Sc.* 1748. ec.

(*b*) *Opt.* part. II, lib. I, prop. 3.

frangibilità. L' Eulero colse opportunamente tale idea; parvegli molto probabile „ che una „ certa combinazione di differenti corpi trasparenti potesse essere capace di rimediare a „ questo difetto, e che ne' nostri occhi si trovino i differenti umori disposti in modo, „ che non ne risulti alcuna diffusione nel foco „. Diretto da queste riflessioni cominciò a cercare le dimensioni degli oggettivi formati di vetro, e d' acqua da poter imitare la combinazione, che si fa nell' occhio naturalmente (a). S' oppose il Dollond a' calcoli dell' Eulero, ed appoggiato alle leggi della rifrazione e della dispersione del Nevvton, conchiuse, che nel caso dell' Eulero la riunione de' raggi di differenti colori non poteva formarsi che ad una distanza infinita (b). Cadde adunque il progetto dell' Eulero, e il nome del Nevvton, tanto benemerito dell' ottica, fu questa volta pregiudiziale al suo maggiore avanzamento.

Dollond

Allora il Klingenstierna si fece coraggio, senza lasciarsi sgomentare dalla contraria autorità del rispettabile Nevvton; ardì attaccare la sua sperienza, a cui si appoggiava il Dollond; e provò, che la legge nevvtoniana s' accosterebbe assai più alla verità nelle picciole rifrazioni, che nelle grandi. Le ragioni del Klingenstierna obbligarono il Dollond a replicare le dette sperienze, e l' esito corrispose alle teorie dell' oppositore. Non ebbe il Dollond difficoltà di

Klingenstierna.

(a) *Acad. de Berlin.* 1747.
(b) *Transact. philosoph.* 1753.

darsi per vinto, e confessò ingenuamente, che il progetto dell' Eulero era realmente eseguibile; e che con mezzi diafani di diversa densità potevasi correggere l' abberrazione de' raggi. Adoperò egli prima i mezzi del vetro e dell' acqua proposti dall' Eulero; ma essendo troppo piccola la differenza delle rifrazioni fra que' due mezzi, bisognava dare a' vetri troppa curvità, onde cresceva l' aberrazione della sfericità, o lasciarli con troppo poca apertura, e privarsi de' principali vantaggi, che erano da sperarsi da tali telescopj. Si rivolse pertanto a due sorti di vetro, che davano maggiore differenza nelle rifrazioni, uno molto bianco e trasparente, chiamato *flintglass*, e l' altro verdastro simile al nostro comune, detto *crovvnglass*, le rifrazioni de' quali sono come 3; e 2; e col mezzo di questi corresse la dispersione de' raggi, fece sparire l' importuna iride, ed ottenne il bramato intento (a). Quest' interessante scoperta diottrica mise in agitazione tutti i geometri: i tre più distinti, il Clairaut, l' Eulero, e l' Alembert vi applicarono tutta la forza de' loro calcoli per determinare la differente rifrangenza de' due vetri, le curvità più opportune per distruggere l' aberrazione della rifrangibilità, e quella della sfericità; le dimensioni più giuste per ottenere tutto l' effetto, ed altri punti complicati e difficili,

(a) *Philosoph. transact.* 1758. *Acad. des Sc. de Paris* 1756, Pezenas *Addit. au Cours d' Opt. de Smith*.

che abbisognavano di tutte le risorse della tanto allor avanzata analisi, e che sembravano aver atteso il tempo del suo splendore per presentarsi alle speculazioni de' geometri. La più fina geometrìa venne in soccorso de' nostri occhi, e volle contribuire alla nostra curiosità: dimensioni esattissime, sottilissimi calcoli, ragionamenti ingegnosi presero per oggetto la rifrazione, la dispersione, e la riunione de' raggi della luce per mezzo de' vetri, e la perfezione de' telescopj acromatici, e sparsero nuovi lumi non solo su l'ottica, ma su l'algebra, su la geometrìa, e su l'altre parti delle matematiche. Le dissertazioni su questi punti del Clairaut piene di giuste formole e d'invenzioni giovevoli; gli opuscoli dell'Alembert (*a*), e sopra tutto i tre tomi della *Diottrica* dell'Eulero, che il la Grange non dubita di chiamare trattato completo su questa materia (*b*), si possono dire i corsi dell'ottica raffinata e sublime, come lo è della piana ed elementare l'opera dello Smith, e in altro genere posteriormente la *Fotometrìa* del Lambert. Senza tanta elevatezza e complicazione di calcoli, con una più semplice geometrìa, ma con gran forza d'immaginazione e d'ingegno, e con lunga e oculata pratica giunse il Boscovich a determinazioni non men sottili, e più utili, e ad invenzioni pratiche molto ingegnose, e di vantaggio assai maggiore che le

Boscovich.

(*a*) Tom I, III., IV, al.

(*b*) *Acad. de Berlin.* 1778.

analitiche speculazioni de' raffinati geometri. L' errore della sfericità, trascurato dal Nevvton come troppo piccolo, o quasi infinitesimo in confronto di quello della rifrangibilità, contemplato da' nuovi diottrici ne' telescopj acromatici, dove la differenza dall' uno all' altro è molto minore, dal solo Boscovich fu riguardato nel pieno e vero suo aspetto, investigatane la quantità in vetri di varie qualità, e di varie aperture, paragonato con quello della rifrangibilità non solo ne' diametri, o nell' estensione o quantità dell' uno e dell' altro, ma nella direzione de' raggi, e nella progressione della densità della luce in ciascuno de' diferenti lor punti, ricavatene molte teoriche novità, scoperti nella pratica difetti non osservati da altri, ritrovati nuovi rimedj, ed inventati stromenti per correggerli con maggiore facilità. Lo studio degli ottici si era rivolto a perfezionare gli oggettivi, e a levarne i colori, poco s' era pensato agli oculari, o almeno pochissimo s' era fatto, che servisse all' uso comune. Il Boscovich prese questi particolarmente di mira; e mentre l' Eulero si arrampicava su formole, e teorie, che non potevano ridursi utilmente alla pratica, egli si occupava in dar soluzioni semplici ed eleganti, alla cui dimostrazione bastano i primi elementi, e le già conosciute verità, e in cercar regole spedite e facili all' esecuzione. Prese dal Clairaut le formole per la rifrazione delle lenti; ma le fece sue per la semplicità delle dimostrazioni, e per la generalità de' principj. Coll' osservazio-

ne del lume riflesso dalla superficie posteriore d' una lente, e delle due rifrazioni, che soffre l' una all' entrare, l' altra all' uscire, volle spiegare un certo lume erratico, che ha cagionato degli sbagli in alcuni astronomi. Fece nuove osservazioni su l' inversione, dello spettro diretta, ed obbliqua, e ne ricavò utili ammaestramenti. Trovò nella diversa refrangibilità un errore comune a tutti i raggi, ed altro particolare de' raggi situati fuori dell' asse, e propose il modo di correggere l' uno e l' altro. Diede metodi per servirsi utilmente del vetro comune; applicò l'acqua a nuovi usi diottrici, ed immaginò un telescopio ripieno d' essa per determinare la celerità della luce, come venne poi esposto, ma non con tanta pienezza di viste, da un inglese (*a*); dimostrò, che per mezzo di due sostanze non possono unirsi che due colori, e fece vedere quanto siamo ancora lontani da un perfetto acromatismo ne' telescopj; e si distese a molte nuove e curiose ricerche, ed unì in tutte a fine ed esatte speculazioni teoriche nuove regole, ed utilissimi metodi per la pratica. Le dotte dissertazioni in varj tempi da lui pubblicate (*b*), gli stromenti o da lui originalmente inventati, o ridotti a nuova esattezza, o a più

(*a*) *Philosoph. transact.* 1782.

(*b*) *Acad. Instit. Bonon.* tom. v, tum *Dissert. quinque ad Dioptricam pertinentes. Vindobonae* 1767, tum *Opera pertinentia ad Opticam & Astron.* tom. I et II. *Bassan.* &c.

universale utilità, tante sottili osservazioni, tante interessanti invenzioni, tante scoperte ingegnose mostrano nel Boscovich l'uomo di genio, che avvezzo alle geometriche speculazioni, occupato per cinquanta e più anni in maneggiar telescopj ed in osservar notte e dì pel loro mezzo le stelle, trasportato dall'amore dell'astronomìa, persuaso per pratica della necessità di migliorare il lavoro de' telescopj come unico mezzo dell'avanzamento della diletta sua scienza, e tutto pensa, tutto riflette, cerca il profitto dell'arte, non la propria sua gloria, nè curasi d'innalzarsi a sublimi calcoli, e ad analitiche teorie, spesso difficili d'intendere, e rare volte riducibili ad uso; ma si dà tutto a' progressi della pratica, alla perfezione del lavoro, al vero vantaggio dell'ottica, e dell'astronomìa. La necessità di miglioramenti ne' telescopj acromatici ha impegnata l'universale curiosità; la geometrìa, la meccanica, e la chimica sono invitate a contribuire con nuovi lumi a questo comune benefizio dell'umanità. Il Jeaurat con un artifizio meccanico ha fatto un lavoro utile agli artisti; ha trovate le curvature, che fa d'uopo dare a' diversi vetri, e ne ha distese le tavole, che possono servire loro di guida. Egli in oltre propose certi telescopj, che chiamava *diplatidiani*, e che il Selva dotto artefice veneziano, che ne fecè altri simili, distingue col nome di *iconantidittici* (a), i quali davano due *Jeaurat.*

(a) *Dial. ottic.* ec. dial. IV.

immagini dello stesso oggetto, una diritta, l'altra inversa con due opposti movimenti, e cercò di perfezionare gli obbiettivi, e gli oculari degli acromatici (a). Il Rachon si fece nome per varj servigj prestati all'ottica, e pel miglioramento, che recò al *micrometro obbiettivo*, che fu cagione di amarezze, e contrasti col celebre Boscovich (b). Il Fuss (c), l'Oriani (d), e qualch'altro hanno fatto de' tentativi per migliorare nella figura della curvatura i cannocchiali acromatici. L'Accademia delle Scienze di Parigi si applicò ad un mezzo più utile, e propose premio, offerto da un privato zelante de' progressi dell'arte, a chi sapesse levare i difetti del *flintglass*, e renderlo d'una trasparenza perfetta, ed affatto uguale. Il Macquer fece molte sperienze per iscoprire la cagione de' difetti, a' quali è soggetto questo cristallo, e le spose all'Accademia (e); e fu coronata da questa una delle dissertazioni presentate al concorso. Ma per quanto siasi finor lavorato, non s'è ottenuto il bramato intento: e recentemente per ordine regio ha riprodotto di nuovo l'Accademia lo stesso programma. I matematici, hanno come tutti gli altri, le

Rochon.

Studio sul miglioramento del flintglass.

Macquer.

(a) *Acad. des Scien. an.* 1779.

(b) *Acad. des Scien. an.* 1776 ec.

(c) *Instruction dètaillèe pour porter les lunettes . . . . . au plus haut degrè de perfection &c. Saint-Petersbourg* 1774.

(d) *Mem di Mat.*, e *Fis. della Società Ital. tom.* III. (e) *Acad. des Sc. an.* 1777.

loro

loro mode, dietro alle quali corrono tutti. I telescopj acromatici occuparono l' attenzione di tutti i geometri: col loro ajuto si promettevano di conquistar nuovi cieli; mille lusinghiere speranze si presentavano agli avidi occhi degli astronomi: l' Eulero, il Clairaut, l' Alembert, il Boscovich, il la Grange, ed infiniti altri scrissero replicate volte su questa materia: i telescopj catottrici non erano più curati: tutti gli sguardi, e tutte le premure erano rivolte agli acromatici. Pure con questi non s' è ancor fatta nessuna riguardevole scoperta, e solo s' è ottenuta qualche maggiore comodità per gli astronomi nel fare le osservazioni. Intanto che con tanto impegno questi sommi geometri faticavano pel miglioramento degli acromatici senza ottenere per mezzo d' essi veruna nuova scoperta, un musico e militare tedesco ritirato nell' Inghilterra con un telescopio di riflessione scopriva un nuovo pianeta e nuove stelle, e faceva prendere a' cieli un nuovo aspetto. Il famoso Herschel nel fondo del suo ritiro con instancabile ed industriosa pazienza, e con diligente destrezza, senza formole, senza calcoli, senza chimiche dissoluzioni, senz' ajuti accademici ha saputo dare a' suoi telescopj catottrici una forza ed attività, che nè mille geometri, ne mille chimici co' più sublimi calcoli, e colle più esatte formole, e colle sperienze più raffinate, con tante dissertazioni, e con tanti libri non hanno potuto procacciare a' loro applauditi acromatici. I desiderj non solo degli ot- *Herschel*

Miglioramenti de' telescopj.

tici, e degli astronomi, ma di tutti i dotti, anzi di tutta l'umanità, debbono tendere a perfezionare i vetri, e gli specchi, i telescopj diottrici, ed i catottrici, gli ajuti de' nostri occhi; gli uni, e gli altri possono forse ricevere de' miglioramenti ancora non preveduti. Si studia tanto, e giustamente, per raffinare il *flintglass*; ma perchè, senza lasciare questo studio, non potrebbe farsi anche quello di cercare un'altra materia, che possa unire vantaggi maggiori di que' del *flintglass*, e non partecipare de' suoi difetti, che si cercano d'evitare? Non potrebbe egli forse trovarsi anche per gli specchi de' telescopj catottrici una materia più conveniente a tutte le mire astronomiche? Nel lavorare i vetri, e gli specchi hanno i geometri ritrovate vantaggiosissime dimensioni, che forse potranno anche condursi a maggiore perfezione; ma non hanno poi potuto gli artefici ridurle ad esecuzione. Non sarebbe dunque molto utile, ed anche necessario il rivolgere le speculazioni de' geometri e de' meccanici a trovare stromenti e metodi da perfezionar l'arte di polire i vetri e gli specchi, e metterli in quella curvatura, e figura, che loro prescriveranno le ottiche teorie? La collocazione degli specchi e de' vetri, tutte le parti e tutta la formazione de' telescopj esige le viste più dotte e le cautele più scrupolose. La materia è molto importante, e merita l'attenzione e lo studio di tutti i dotti, e i lumi e gli ajuti di tutte le scienze, e di tutte le arti; nè v'è diligenza a

riguardo, che non debba impiegarsi pel maggior suo avanzamento. Non si tratta di meno che d' accrescere quasi a volontà la sfera d' uno de' nostri sensi, e di stendere il nostro impero su la natura; di far comparire a' nostri occhi cose, e fenomeni sconosciuti fin dal principio del mondo; e di cercare in qualche modo per noi nuovi cieli, farci comparir in gran parte nuovi i goduti finora, e contribuire con Dio a farci vedere, e godere le infinite maraviglie da lui offerte da tanti secoli alla nostra contemplazione.

CAPITOLO X.

Dell' Astronomìa.

L' astronomìa è la scienza più vasta e più sublime, il principale oggetto di tutte le scienze matematiche, la prima ancora, che siasi con particolare studio coltivata dagli uomini. Le più antiche memorie, che sieno rimaste per la storia delle scienze, sono quelle, che riporta Giuseppe ebreo degli antidiluviani, e queste risguardano l' astronomìa. Le pietre, e i mattoni, le colonne de' figliuoli di Seth, i primi libri del genere umano non contenevano che le scoperte astronomiche, le uniche cognizioni, che gli uomini conservassero con gelosìa, e che cercassero ardentemente di tramandare alla studiosa posterità (a): e se Iddio die-

Antichità dell' astronomìa.

(a) *Antiqu. Jud.* lib. I, c. IV.

de agli antichi patriarchi la consolazione d'una vita lunghissima, quale non solo da Mosè, ma da Manetone, da Beroso, da Moco, e da molt' altri egiziani, fenici, e greci viene descritta, questo non fu che per meglio coltivare la geometrìa, e l'astronomìa, per avanzare nelle scoperte, e nelle gloriose speculazioni su queste scienze, e per formare particolarmente nell' astronomìa utili ed esatti periodi, quale è quello de' 600 anni (a). Non mi farò garante della verità di queste notizie lasciateci da Giuseppe ebreo, nè crederò col Bailly, che il periodo de' 600 anni venga dallo stesso Giuseppe confermato col testimonio degli or nominati scrittori, i quali non mi sembrano ad altro da lui citati, che ad attestare la lunga vita de' primi uomini (b); ma dirò nondimeno, che la sola tradizione di esse, vera o falsa che sia, suppone, che vi fosse stato da lunghi secoli amore, e studio dell' astronomìa, e che si fosse giunto a formare un periodo astronomico lungo e difficile, superiore a' lumi degli stessi astronomi posteriori. Poteva egli Giuseppe, ignorante com' era dell' astronomìa, fingere un tal periodo, se non fosse stato ideato da altri da sì lungo tempo, che più non sapevasene l' autore, e conservato soltanto presso gli ebrei com' opera de' primi patriarchi? Ma che che sia dello stesso astronomico di que' tempi rimoti, noi altro non ne sappiamo

(a) Ivi c. viI.
(b) *Astr. anc.* lib. III, *Eclairciss.* §. v.

che questo poco, che ci racconta Giuseppe, ed anche su questo poco lasciamo a' critici il disputare della verità del suo racconto. Nè molto più dir potremo dell' astronomìa delle nazioni asiatiche, donde sono a noi derivati i principj di quella scienza. Il Bailly vuol dare particolarmente all' indiana una rimotissima antichità, perciocchè se gl' indiani fino dall' anno 3102 avanti la nostra era fissarono già un' epoca, che era astronomica e civile, od un periodo di 4383 anni, come si ricava dalle loro tavole astronomiche, segno è, che già fin d' allora s' erano fatte molte osservazioni, s' erano combinati parecchi risultati di tali osservazioni, s' era coltivata con lungo ed attento studio l' astronomìa. La copia delle materie non ci permette di seguire minutamente i molti artifizj retorici ed eruditi, che sa usare l' ingegnoso autore per istabilire l' autenticità di quell' epoca, e l' antichità dell' astronomìa indiana; ma diremo soltanto, che tali epoche, e tali periodi non deono servire a provare l' antichità, che sembrano di supporre. Il periodo giuliano suppone un principio anteriore d' alcuni secoli a quanto stabiliscono i cronologi sul principio del mondo; e pure sappiamo, che la sua istituzione non è che dello Scaligero, nè sorpassa ancor due secoli. E se il Cassini avesse stabilito, e messo in voga presso gli astronomi il suo periodo *lunisolare pasquale*, noi avremmo un' epoca civile ed astronomica con un periodo di 11600 anni, senza potere per questo accordare alla nostra

Astronomìa indiana.

astronomìa una maggiore antichità di quella, che gli storici monumenti ci danno. Gli antichi, che parlano degli studj degl' indiani, niente dicono in particolare della loro astronomìa. Laerzio (a) dice soltanto de' ginnosofisti, che filosofarono oscuramente sul culto degli Dei e su l' esercizio delle virtù, e che furono disprezzatori della morte; e Plinio fra le varie classi degl' indiani contando i lor letterati, altro non dice di questi, se non che finiscono la lor vita col gettarsi spontaneamente nel fuoco (b). Ciò non pertanto abbiano pur gl' indiani coltivata fino da' tempi antichissimi l' astronomìa, come la coltivarono i cinesi, ed altri orientali, ma non pretendiamo noi vanamente in sì rimota lontananza di luoghi e di tempi fissare l' origine della loro scienza, nè vogliamo fermarci a segnare distintamente i primi loro progressi, che non più possiamo conoscere: que' popoli sconosciuti e discosti non hanno avuta alcuna influenza su' nostri studj, nè gli antichi ci hanno lasciati monumenti bastevoli per poterne parlare con qualche accertatezza; quale profitto spereremo di ricavare da semplici congetture, per quanto sieno ingegnose, ed appoggiate a recondite erudizioni? Noi abbandoniamo volentieri ad altri scrittori non sol gl' indiani, ma gli Urani, gli Atlanti, i Prometei, gli Endimioni, i Tauti, i Mercurj, i Beli, i Fohi, e tutti gli antichi eroi storici, o favolosi creduti benemeriti dell'

(a) *Proem.* (b) Lib. VI, c. XIX.

astronomìa; c'è troppo prezioso il tempo per impiegarlo in tali ricerche.

Ciò che possiamo generalmente dire degli antichi è, che noi ad essi dobbiamo un benefizio assai maggiore, che non si crede comunemente. I primi principj dell' astronomìa, che abbiamo da loro ricevuti, sono i fondamenti di tutta la scienza; e benchè ora ci sembrino facili e piani, abbisognarono nondimeno di replicate osservazioni, e di lungo ed attento studio, onde meritare a' loro inventori la lode di veri astronomi. La divisione del tempo in giorni, mesi, ed anni, la costituzione dello zodiaco, la formazione de' segni e delle costellazioni, la distinzione de' pianeti, e delle stelle fisse, lo stabilimento de' poli, e de' punti solstiziali ed equinoziali, ed altre simili cognizioni, che or neppur guardansi come astronomiche, abbisognavano allora di molte osservazioni, e di attente e replicate speculazioni, nè meritavano minor lode che le scoperte dell' aberrazione delle fisse, e della nutazione dell' asse terrestre nell' astronomìa de' nostri dì. Chiunque sia stato il popolo inventore dell' astronomìa, noi non possiamo derivare la nostra che da' greci, i primi, o gli unici, che dobbiamo riconoscere per maestri. Ma i greci, come Platone (*a*), ed altri antichi confessano, presero i loro principj dalle nazioni straniere; e quelle pertanto dovranno interessare la nostra curiosità, dalle quali vediamo recarsi

Astronomìa antica.

(*a*) *Epinom.*

Caldea vantaggio alla greca astronomìa. I caldei, e gli egiziani possono riguardarsi come i maestri de' greci. Callistene al dire di Porfirio citato da Simplicio (a) riportò da' caldei osservazioni astronomiche di 1903 anni, cioè da 2227 avanti l'era cristiana. Epigene ne trovò altre antichissime (b). Ipparco, e Tolommeo fecero uso nelle loro teorie dell'ecclissi d'alcune osservazioni de' medesimi (c). Apollonio mindiano, peritissimo nelle naturali osservazioni, come dice Seneca, si portò da' caldei per imparare l'astronomìa, ed apprese nelle loro scuole, che le comete non sono esalazioni, e fuochi transitorj, ma corpi costanti, e durevoli come i pianeti, e che si sapevano i loro corsi (d). Gemino (e), e Suida (f) ci descrivono alcuni periodi lunisolari, che fanno onoro all' astronomìa de' caldei. Erodoto (g) deriva da questi ne' greci l'uso del gnomone. E generalmente vediamo molti progressi dell' astronomìa caldaica, e molt' influenza della medesima nella greca. Gli egiziani ebbero ancora maggior parte nell' istruzione de' greci nell' astronomìa.

Egiziana. L'Egitto fu la scuola di tutti i greci. Talete, Pitagora, Eudosso, Platone, i primi astronomi della Grecia corsero ad attingere gli elementi di quella scienza da' fonti degli egiziani; nè

(a) *Com. in Arist.* lib. *De Cælo*.
(b) V. Plin. lib. VII, c. LVI.
(c) *Almagest.* lib. IV.
(d) Sen. *Quæst. natur.* lib. XII, c. II.
(e) *Elem. astr.* c. XV. (f) V. Saros. (g) Lib. II.

giun-

giunse la greca astronomìa a fare notabili avanzamenti, se non quando fu stabilita nell' Egitto nella scuola d' Alessandria. Platone (a), Diodoro siculo (b) e molt' altri attribuiscono agli egiziani il principio dell' astronomìa. Seneca li mostra intelligenti e pratici nelle osservazioni degli ecclissi solari (c). Le osservazioni rimasteci de' caldei versano su le ecclissi lunari; ma gli egiziani notavano le lunari e le solari: e dal tempo di Vulcano figliuolo di Nilo fino ad Alessandro osservarono, secondo Laerzio (d), 373 ecclissi del Sole, ed 832 della Luna, ciò che combina assai giustamente co' periodi dell' une e delle altre. Le varie divisioni de' loro anni, l' osservazione del levare *eliaco*, come dicono gli astronomi, del sirio, o della canicola, il periodo di 1461 anni, o l' anno canicolare, che istituirono sul ritardo d' un giorno ogni quattro anni dell' apparizione di quella stella, la collocazione delle piramidi esattamente affacciate verso i quattro punti cardinali del mondo, i metodi di calcolare le ecclissi, e varj altri monumenti d' astronomiche cognizioni provano, che gli egiziani osservavano con attenzione le stelle, che ne formavano ingegnosi risultati, che meritavano la venerazione de' greci coetanei, e che avevano qualche diritto al titolo, che s' arrogavano, di padri, e maestri dell' astronomìa.

Ma il maggior merito degli egiziani è l' ave- *Greca.*

(a) *Epinom.* (b) Lib. I.
(c) Lib. VII, c. III. (d) *Proem.*

te formati i greci, e l' essersi questi riservato soltanto a lor propria lode il migliorare la dottrina de' loro maestri (a). Infatti i greci si confessarono per discepoli degli egiziani, ma

Talete. non tardarono molto a superarli. Talete fu il primo astronomo della Grecia. Ritornato dall' Egitto insegnò a' greci la teoria delle ecclissi, e fu il primo a predirne una; determinò in qualche modo il diametro del Sole, e trovò il suo corso da un tropico all' altro; divise il cielo in cinque circoli o zone; formò la costellazione dell' orsa minore, e scrisse molto su l' astronomia (b). La setta jonica, o la scuola di Talete seguitò a coltivare gli studj astro-

Anassimandro. nomici. E Anassimandro lavorò una sfera, nella quale rese visibili i circoli ideati dal suo maestro; fabbricò un gnomone, e se ne servì per osservare i solstizj; e se vero è ciò, che lasciò scritto Eudemo, secondo il racconto di Anatolio (c), ma che non ci pare fondato abbastanza, conobbe, benchè imperfettamente, un qualche moto della terra. Anassimene, Anassagora, e gli altri filosofi di quella scuola coltivarono anche con particolare studio l' astronomia (d). Ma forse ha ricevuti questa scienza

Pitagora ancor maggiori vantaggi dalla scuola di Pitagora. L' obbliquità dell' ecclittica, l' esistenza degli antipodi, e la figura e costituzione della

(a) Plato in *Epinom.* (b) Laert. in *Thalete*, Plat. *De placit. philos.* lib. 1I.

(c) V. Fabr. *Bibl. gr.* tom. II, p. 277.

(d) Plut., Laerz., ed al.

terra, la cognizione di Venere come fosforo ed espero, o come la stessa stella, che preceda il sole nel suo nascere, e lo segue nel tramontare, sono scoperte di Pitagora; e da lui parimente derivasi l'opinione dell'esistenza di molti mondi, o d'avere ogni stella il suo sistema planetario, o, per così dire, il suo mondo, e la scoperta, allor non molto curata, ed or abbracciata da' più dotti astronomi, del moto della terra, che poi spiegò più distintamente Filolao, e ne fu creduto da alcuni lo scopritore, come da altri dicevasi esserlo stato Hiceta siracusano (a) Anzi come Pitagora volle applicare al moto de' pianeti le leggi dell'armonia musicale, il Gregori (b), il Maclaurin (c), ed altri moderni hanno creduto di vedervi, benchè a mio giudizio senza bastevole fondamento, le leggi dell'attrazione, e il vero sistema dell'universo. Dalla scuola di Pitagora uscirono i più rinomati astronomi dell'antichità. Filolao, sì chiaro illustratore del moto della terra, che viene stimato da' moderni come il Copernico dell'antichità, e chiamato da molti filolaico il sistema, che or diciamo comunemente copernicano. Empedocle, Oenipode, Timeo, e varj altri rispettati dagli antichi per alcune profonde lor cognizioni. Democrito, particolarmente celebrato da' posteri per la penetrante sua sagacità di travedere fin da quel

Pitagorici.

Democrito.

(a) Laert. in *Philolao*.
(b) *Astr.*, *phis.*, *&* *geom.* Præf.
(c) *Expos. phil. Nevvton.* lib. I., c. 1I.

tempo nella *via lattea* un ammasso di picciole o di lontanissime stelle (*a*), che molti anche nel lume della moderna astronomìa gli hanno voluto contrastare, e che or a gloria del gran Democrito va mostrando agli occhi di tutti co' portentosi suoi telescopj l' Herschel. Possiamo anche sperare, che questo medesimo Herschel ci scopra parimente quegli animali cinquanta volte più grandi e più belli de' nostri, che i pitagorici stabilivano nella luna; ma ad ogni modo dovremo sempre lodare l' accortezza di que' filosofi, che riconobbero la Luna per un corpo simile alla nostra terra, ma con alcuna diversità prodotta dalla differenza della lunghezza de' giorni (*b*).

Altri astronomi greci.

Ad alcuni pitagorici attribuisce altresì Plutarco la cognizione della vera natura delle comete (*c*). I cicli di Cleostrato, di Metone, di Calippo, e d' altri, e gl' ingegnosi loro pensieri per la riforma del greco calendario provano non poco avanzata l' astronomìa di quell' età. Il Gregori raccogliendo eruditamente i passi degli antichi favorevoli all' astronomìa de' pitagorici, ce la presenta in aspetto sì vantaggioso, che per poco non la fa comparire superiore alla moderna (*d*).

Merito della greca astronomia antica.

A dire il vero esaminando attentamente varie opinioni de' pitagorici, ed anche d' alcuni altri astronomi antichi, sembra non potersi negare, che fossero giunti ad ac-

(*a*) Plaut. lib. III, c. I; Macrob. *Somn. Scip.* lib. I, c. XV, al. (*b*) Plut. lib. c, c. XXX.
(*c*) Ivi lib. II, c. III. (*d*) Praef.

quistare in varj punti cognizioni più profonde, e più giuste, che non convenissero a' principj d'una imperfetta e nascente scienza, nè combinassero colle assurdità, che ad essi parimenti s' attribuiscono: il genio teorico e sistematico, e la passione, che li dominava, di volere spiegare ogni cosa, e rendere ragione di tutto, li avrà fatti urtare in molte verità, ed in molte giuste opinioni, che sponevano con eloquente entusiasmo, e che poi non sapevano sostenere per mancanza di fondamenti; l'arcano e il mistero de' loro insegnamenti, e le espressioni metaforiche, e le immagini poetiche, con cui amavano d' abbellire i filosofici lor sentimenti, avranno molto contribuito a deformarli, e fare comparire errori, ed assurdità di que' filosofi ciò che non era che varia interpretazione de' loro comentatori. E credo potersi prudentemente decidere nell'antica astronomia, che nè era sì rozza ed incolta, come si crede comunemente, nè sì raffinata e sublime, come vorrebbono alcuni moderni, e come pretendevano molti antichi; che fece molte osservazioni, e le fece con qualche diligenza, e talor anche con giuste mire; ma ch' esse non erano sufficienti per poterne ricevere i bei risultati, e stabilire le profonde teorìe, che annunziano i testimonj de' greci scrittori, e che deono riguardarsi come ingegnose immaginazioni, anzichè come ben fondate opinioni, e meditate scoperte, e che era troppo avanzata per poter cadere negli errori, che le si vogliono appiccare, ma non abbastanza per po-

tersi innalzare alle sublimi verità, di cui si crede padrona. Seneca ci fa sapere quanto fossero ancora recenti al suo tempo le scoperte astronomiche. Dice, che poco prima soltanto s'erano incominciati a conoscere i moti de' pianeti, quando sieno progressivi, quando stazionarj, perchè divengano retrogradi. Ma egli stesso ci accenna esservi alcuni filosofi, che avevano più giuste idee di que' moti che non indicavano le parole, e che li credevano sempre progressivi, ancorchè talora paressero stazionarj e retrogradi (*a*); ciocchè suppone un' assai intima cognizione di tali moti, e forse eziandìo del moto stesso della terra. Platone, che nell' *Epinomide* non dà un' idea troppo vantaggiosa della greca astronomìa, propone pur nel *Timeo* un pensiero per ispiegare il moto circolare de' pianeti colla diversa loro velocità, cui il Galileo dà maggiore illustrazione ed ampliazione senza saper mai lodarlo abbastanza (*b*), e che vien ora riguardato da alcuni come un leggiero abbozzo della teorìa delle forze centrali applicate al moto delle stelle.

Eudosso. Ma appunto dopo Platone si può dire, che incomincia a prender vigore, e formar corpo la greca astronomìa. Eudosso è il primo, cui venga dato distintamente il titolo d'astronomo, il quale anche posteriormente era chiamato il principe degli astronomi (*c*); e ciò

(*a*) *Quæst. nat.* lib. vII, c. xxv.
(*b*) Dial. I *De' Sist. del Mondo:*
(*c*) Cic. *De Divin.* lib. iI.

che è per lui più glorioso, viene citato con onore da Ipparco (a), e le sue opere furono per molto tempo il corso astronomico de' greci. E quanta fama non ha ottenuta Pitea presso gli antichi pel viaggio, che fece al circolo polare, e per le osservazioni ivi prese della lunghezza de' giorni estivi, e della scarsezza di stelle vicino al polo, e forse ancora più presso i moderni, dopo la teorìa della diminuzione dell' obbliquità dell' ecclittica, per l'osservazione fatta a Marsiglia dell' altezza meridiana del Sole nel giorno del solstizio di state? Non parlo d' Aristotele, tuttochè alcune sottili osservazioni più che le implicate teorìe gli dieno qualche titolo da riporsi fra gli astronomi. Non d' Aristillo, nè di Timocari, tuttochè le diligenti e replicate loro osservazioni sieno state molto giovevoli agli astronomi posteriori, e di grand' uso allo stesso Ipparco, ed a Tolommeo. Aristarco di Samo è quell' astronomo, che chiama la nostra attenzione, il primo, di cui ci sia rimasto qualche scritto, e in cui cominci a vedersi finezza nelle osservazioni, e sottigliezza, e penetrazione ne' risultati, e nelle teorie. Il solo suo metodo per determinare la distanza del Sole per la *dicotomìa* della luce, cioè osservando la Luna in quella posizione, in cui la parte illuminata è terminata in linea retta, e tirando un triangolo dall' occhio dell' osservatore al centro della Luna, e da questo a quello del Sole; e la

Pitea.

Aristillo e Timocari.

Aristarco.

(a) In Arati *Phenom.*

giustezza della sua determinazione ottenuta con questo metodo lontana bensì dalla perfezione, ma maggiore di quanto sin allora s'era trovato, bastano per accertarci dell' acutezza del suo ingegno, e della sodezza del suo giudizio (a). Degna è parimenti di lode, e d'ammirazione l'esattezza della misura del diametro della Luna ch' egli seppe ritrovare di poco meno d'un terzo di quello della terra. Più maraviglia reca eziandio la dilicata osservazione, ed assai giusta determinazione del diametro del Sole, che fissò ad $\frac{1}{720}$ della sua orbita. Ma ciò che gli acquistò maggior applauso, e maggiore venerazione fu il suo impegno in promovere il sistema del moto della terra, e la sua abilità e maestrìa in fissarlo con giusti e sodi principj, e in difenderlo vigorosamente da tutti i contrarj assalti. I pitagorici, e particolarmente Filolao, l'avevano già proposto, ed appoggiato ad alcune giuste ragioni, ma non avevano preso in vista gli accidenti, ed i fenomeni diversi, che negli altri pianeti, e nelle stelle fisse dovevano risultare. Aristarco, più avvezzo a contemplare le stelle, più familiare e domestico co' loro moti e co' loro fenomeni, ebbe ad ogni cosa riguardo. La principale opposizione, che a quel sistema movevasi, era la diversità d'aspetti, che sembrava dovessero prendere le stelle fisse, qualor la terra vi s'accostasse, o discostasse nel lungo suo giro. Aristarco ebbe tanti lumi astronomici, e tanta forza d'immagina-

(a) *De magnit. & distant. Solis & Lunæ.*

zio-

zione, che non dubitò d' asserire, ciò che anche a molti moderni è sembrato incredibile, che tutta l' orbita della terra non è che un punto paragonato colla distanza delle stelle fisse, nè può mai rendersi sensibile il suo avvicinamento (*a*). La scuola d' Alessandria fu il teatro della vera gloria della greca astronomia. Aristillo, Timocari, ed Aristarco appartengono a quella scuola, e nella medesima fiorì pure l' enciclopedico Eratostene, il quale più ancor che dall' altre scienze, in cui si fece chiaro nome, trasse dall' astronomia la sua maggiore celebrità. Conservavansi nel portico di Alessandria a perpetua gloria del sapere astronomico d' Eratostene le *armille*, famoso stromento, che di tanto uso fu nelle astronomiche osservazioni, da lui inventate, o sommamente migliorate, e adoperate in finissime operazioni. La posizione dello zodiaco, la via del corso del Sole attraverso le stelle, la distanza de' punti solstiziali, e l' obbliquità dell' ecclittica era stata l' oggetto della ricerca di molti astronomi, che solo per congetture, e per approssimazione la poterono fissare. Pitea fece a questo fine l' osservazione, che abbiamo di sopra mentovata. Aristarco fra gli altri fenomeni celesti osservò anche un solstizio; ma Eratostene colla diligenza, ed esattezza, che esigeva la scuola d' Alessandria, e l' importanza dell' operazione, fece replicate osservazioni ne' solstizj estivi e negl' invernali, e determinò la

Eratostene.

(*a*) V. Archimed. in *Arenar.*

distanza ne' tropici fra 47° 40', e 47° 45'; Plutarco attribuisce ad Eratostene la misura delle distanze del Sole e della Luna, dando a questa 780000 stadj, ed a quella del Sole 804000000 (*a*); e se recò maraviglia la misura d' Aristarco, che ampliò tanto gli spazj dell' universo, quanto stupore non deve produrre la misura d' Eratostene, che slontanò ancor tanto più l' orbita del Sole, e s' accostò sì prossimamente alle più fine ed esatte determinazioni degli astronomi de' nostri dì? Pur quest' operazione di Eratostene ci viene solo accennata da Plutarco; nè sappiamo con quale metodo l'abbia eseguita, nè vediamo, che abbia riportati gli elogj, nè meritata l' approvazione degli astronomi posteriori, e tutto ciò ci fa mettere qualche dubbio su la sua autenticità. Ma la grand' opera d' Eratostene, quella, che gli riscosse la maraviglia di tutti gli antichi, che non cessano d'ammirare, e d'applaudire i moderni, e che rende il nome d' Eratostene immortale ne' fasti dell' astronomìa, è la sua intrapresa della misura della terra. Aristarco, ed altri astronomi prendevano per misura delle lunghissime distanze celesti il diametro della terra; ma questo non poteva assolutamente determinarsi in sè stesso, e d' uopo era didurlo dalla grandezza della circonferenza. I matematici, al dire d' Aristotele (*b*), avevano per mere congetture stimata la circonferenza terre-

(*a*) *De plac. phil.* lib. II, c. xxxII.
(*b*) *De Cælo* II.

stre di stadj 400000. Un greco Dionisiodoro con una greca finzione raccontata da Plinio (a) fissò il semidiametro della terra di 42000 stadj, donde i geometri calcolavano la circonferenza di 255000. Eratostene con un metodo astronomico, confrontando l' altezza del polo d' Alessandria e di Siene, la determinò di stadj 250000, benchè Plinio (b), Vitruvio (c), Macrobio (d), ed altri la dicano di 252000; perchè, come osserva il Riccioli (e), presero nel numero tondo di 700 gli stadj compresi in un grado, che Eratostene solamente contava 694 $\frac{4}{9}$. Noi abbiamo altrove (f) parlato assai lungamente di quest' operazione d' Eratostene, nè vogliamo ora entrare a difendere, come si potrebbe con qualche ragione, la sua esattezza, chi sa quanto penino i moderni astronomi, provveduti di sì fini stromenti, ajutati da' lumi di tanti secoli, diretti da metodi sì studiati, per ottenere qualche esattezza nelle loro determinazioni, non pretenderà di trovarla molto perfetta in quelle degli astronomi antichi: il merito d' Eratostene è d' avere immaginata, ed eseguita una misura astronomica e geometrica della terra, e la vera sua gloria è, che i moderni niente hanno saputo aggiungere al suo metodo, nè si sono più avvicinati

(a) Lib. II, c. CIX.
(b) Lib. II. c. CVIII (c) Lib. I, c. VI.
(d) *Somn. Scip.* lib I, c. XX.
(e) *Almag.* lib. III, c. XXVII.
(f) Tom. II, lib. III, c. II.

alla verità che pe' progressi delle arti, che hanno loro somministrati mezzi di maggior precisione; e viverà eternamente ad onor delle matematiche il nome d' Eratostene, e la memoria della sua grande intrapresa. Dopo Eratostene, ed Aristarco non parleremo di Conone, tuttochè lodato da Virgilio (a), e da Seneca (b); nè d' altri astronomi di minor nome. Ipparco, Ipparco è l' astronomo, dietro cui corrono i nostri sguardi.

Ipparco. Qual nuovo aspetto non prende nelle mani d' Ipparco l' astronomia? Generalità di mire, giustezza di metodi, diligenza e costanza d' osservazioni, sagacità di combinazioni, ordine, e forma di scienza esatta. Aristarco, ed Eratostene inventarono alcuni ingegnosi metodi, fecero alcune regolate osservazioni, diedero alcune fondate determinazioni; ma non legarono le osservazioni fatte, e le scoperte verità, non fecero una scienza dell' astronomia. Ipparco fu il genio vasto e profondo, che riguardandole tutte sotto una vista generale, ne formò un piano, vi mise in ordine le scoperte verità; collegò l' une coll' altre, ed abbracciò in tutta la sua estensione la scienza astronomica. Sole e Luna, stelle fisse e pianeti, i cieli tutti volle sottomettere alla sua dotta curiosità. Fece una rivista di tutte le operazioni degli antichi astronomi, e trovò poche lor ipotesi appoggiate a qualche osservazione, e delle stesse

(a) Eclog. III.
(b) *Quaest. nat.* lib. VII, c. III.

osservazioni poche gli parvero fatte colla richiesta diligenza, e pochissime replicate, e legate insieme per fondare qualche opinione, nè credè, che le loro determinazioni dovessero appagare la giudiziosa sua esattezza, ma le richiamò tutte ad un rigoroso esame. Uno sguardo generale in tutto il cielo gli fece correggere quasi tutte le posizioni delle stelle proposte da Arato dietro alle traccie d' Eudosso (a), e gl' ispirò il progetto di riportarle tutte a' due poli, ed a' circoli dell' equatore, e dell' ecclittica, onde potere colle nuove osservazioni conoscere ciò che nel cielo è stabile e fisso, e ciò all' opposto, che è mobile, e determinare col tempo i fenomeni, e le leggi di tali moti, e di tale stabilità. Esaminò l' obbliquità dell' ecclittica, o la distanza de' tropici fissata da Eratostene, e la trovò conforme all' astronomica verità. Se lodevole fu il coraggio d' Eratostene di misurare la terra, maggior maraviglia dovrà recare l' ardire d' Ipparco di esaminare la distanza de' corpi celesti, e misurar l' universo. Noi non vediamo i pianeti nel vero lor sito, ma solo nell' apparente. Due osservatori diversi osservandoli da luoghi fra loro alquanto lontani, vedranno lo stesso pianeta in due siti diversi, ed amendue vedrebbonlo in un terzo e vero suo sito, se potessero osservarlo dal centro della terra. L' angolo formato da' raggi visuali de' due osservatori, la distanza de' punti celesti, ove es-

---

(a) *In Arati & Eudoxi phænom.*

si riferiscono il pianeta, e ciò che dicesi *paralasse*; la quale, come da sè è chiaro, sarà minore quanto più lontano sarà il pianeta osservato; e perciò della maggiore, o minore paralasse si potrà calcolare la distanza dei pianeti, e misurare la grandezza di quello spazio; e la scoperta della paralasse, l' invenzione di questo metodo per conoscere le distanze de' corpi celesti, e misurar l' universo è un nuovo dono fatto da Ipparco all' astronomìa. Non contento egli di misurar le distanze dei pianeti passò anche a contare il numero delle stelle, e rendercele in qualche modo dimestiche e familiari. Oltre la gloria di superare le difficoltà, e di riuscire in sì ardua impresa, ottenne anche in premio della sua fatica un' importante e gloriosa scoperta. Col confrontare le sue osservazioni con quelle d' Aristillo e di Timocari fatte un secolo e mezzo prima, e fatte con sufficiente esattezza, trovò, che tutte le stelle s' erano avanzate quasi due gradi nell' ordine de' segni, o che i punti cardinali sembravano d' essere retroceduti, e scoprì così il famoso fenomeno della precessione degli equinozj, o, com' ei diceva, della *retrogradazione de' punti solstiziali, ed equinoziali*. Nè sole le stelle fisse, ma il Sole, e la Luna, e i pianeti gli devono nuovi lumi. Volle fissare con precisione il vero tempo dell' annuo giro del Sole, ed osservò per molt' anni il suo ritorno a' solstizj, ed agli equinozj; nè bastandogli le osservazioni fatte nell' intervallo di que' pochi anni, le confrontò con una d' Aristarco anteriore di

145 ; e riflettendo, che se l' annuo corso del Sole fosse di giorni 365 e 6 ore, avrebbe dovuto il Sole arrivare al solstizio dodici ore più tardi, levando da 145 anni 12 ore, raccorciò l'anno di poco più di 5 minuti. Queste operazioni, e questi confronti d' osservazioni fatte in un lungo intervallo d'anni diedero agli astronomi l' ingegnoso metodo di paragonare simili osservazioni per rendere sensibili alcuni errori, che altrimenti non si lascerebbero sentire, che è stato loro, ed è anche presentemente di grandissima utilità. Gl' intervalli degli equinozj, e de' solstizj, che dovrebbono essere uniformi nel moto circolare del Sole, non compariscono tali. Giorni 94 $\frac{1}{2}$ trovò Ipparco, che impiegava il Sole dall' equinozio di primavera al solstizio di state, e 92 $\frac{1}{2}$ da questo all' equinozio d' autunno; 187 per correre la metà boreale dell' ecclittica, 178 e quasi $\frac{1}{4}$ per correre l' australe. Per ispiegare questo fenomeno pensò Ipparco all' eccentricità, e col fare eccentrico il circolo, che corre il Sole, potè rendere ragione di questa creduta irregolarità, ed aprire in qualche modo la via a' giri ellittici dati poi dal Keplero a tutti i pianeti, e porre la base delle moderne teorie. Esaminò il giro diurno del Sole; e per fissarlo più esattamente l' incominciò a contare dal suo passaggio pel meridiano, ed istituì il giorno astronomico. Si rivolse a contemplare la Luna, e misurò il tempo del suo giro; determinò l' eccentricità della sua orbita, e la sua inclinazione all' ecclittica, il moto de' suoi

apsidi, e de' suoi *nodi*; e calcolò le prime tavole de' moti del Sole e della Luna, di cui resti memoria all' astronomia. Dal sole e dalla luna passò anche a' pianeti; ma non avendo osservazioni abbastanza, a cui potersi affidare, nè potendone egli far molte nel lento corso di quelle stelle, sgomentato dalla difficoltà delle disuguaglianze de' loro moti, e trattenuto dalla stessa sua esattezza, si contentò di radunare le poche osservazioni antiche, che gli parvero assai giuste, di farne egli altre migliori per istruire la posterità, e di mostrare, che le supposizioni de' matematici del suo tempo non soddisfacevano a' fenomeni, nè mai ardì di presentarvi alcuna sua ipotesi, nè di stabilirvi alcuna teorìa. Dalla contemplazione de' cieli volle anche discendere all' ispezione della terra, o per dir meglio innalzò alle stelle la posizione de' luoghi terrestri, e determinò le distanze di questi col riferirle a' punti celesti: innamorato com'egli era dell' astronomìa, volle renderle tributaria la geografia, e coll' estendere il dominio dell'astronomìa ridusse la geografia in scienza positiva, e fondata in principj certi, e la lasciò men soggetta alle semplici congetture de' geografi, o a' falsi racconti de' viaggiatori. Da un trattato d' Ipparco citato da Teone gli attribuisce il Montucla (*a*) l' invenzione della trigonometrìa, sì rettilinea, che sferica, ed accresce sempre più i suoi meriti nelle scienze. Non finiremmo

(*a*) Part. I, lib. IV., §. IX.

que-

questo discorso, se volessimo riferire tutti i vantaggi recati da Ipparco all' astronomìa; e forse sembrerà a molti, che n' abbiamo già troppo lungamente parlato nella ristrettezza della nostra opera; ma lo sbanditore delle vane ipotesi, e libere immaginazioni, l' introduttore della precisione, e della severità, il creatore d' una scienza esatta, il padre della vera astronomia, il maestro della studiosa posterità, lo svelatore de' cieli, il grand' Ipparco meritava nella storia dell' astronomìa una più lunga, e distinta menzione.

Altri astronomi greci. Ipparco fu fecondo d' astronomiche invenzioni, ma non produsse verun astronomo, nè lasciò verun successore degno di lui. Gemino, Teodosio, e Menelao si conoscono per alcune loro osservazioni, e molto più per alcuni scritti, che sono stati per lungo tempo classici nell' astronomìa; Posidonio per la costruzione d' una ingegnosa sfera, per la sua misura della terra, e per l' opera astronomica, che ancor si conserva; Sosigene, e Giulio Cesare per l' utilissima impresa della riforma del calendario, ed alcuni altri greci e romani per qualche lor merito nell' astronomìa. Ma solo Tolommeo merita dopo d' Ipparco particolare rimembranza. *Tolommeo.* Tolommeo fiorì sotto Adriano ed Antonino prima della metà del secondo secolo, quasi tre secoli dopo Ipparco; e Tolommeo, ed Ipparco formano, per così dire, tutta l' antica astronomìa. Ipparco, genio sublime, e fecondo d' ingegnose invenzioni giovò più all' astronomìa pe' suoi metodi, per le sue

opinioni, pe' suoi progetti, per le sue scoperte; Tolommeo, genio vasto, laborioso, ed ardito, ajutato da' lumi dello stesso Ipparco, e de' molti suoi successori, abbracciò un piano più completo, e potè ridurre a qualche perfezione ciò che Ipparco non aveva fatto che immaginare, o abbozzare. Ipparco formò i piani, acquistò i materiali, pose i fondamenti, e cominciò a levare la gran fabbrica della composizione dell' universo. Tolommeo seguì l' opera d' Ipparco, compì l' edifizio, e diede a godere agli uomini sì grandioso spettacolo; raccolse le cognizioni degli anteriori astronomi, vi aggiunse le sue, e presentò un corso compiuto d' astronomìa. Ipparco produsse più avanzamenti alla scienza astronomica: Tolommeo è stato più utile agli astronomi, ed ha più giovato a' moderni progressi dell' astronomìa. Ipparco fece la scoperta della paralasse, e cominciò a farne uso: Tolommeo studiò più attentamente questo punto; inventò uno stromento per osservare le paralassi, diede regole per calcolare le quantità, che riguardano la longitudine, e la latitudine, formò le tavole, e ne ricavò molti più usi astronomici, che Ipparco non conosceva. Gli antichi osservarono molte ecclissi del Sole, e molte più della Luna, e ne istituirono qualche teoria, onde poterle predire; Ipparco in oltre si servì delle lunari per alcune determinazioni astronomiche, a cui senza tale mezzo non sarebbe mai giunto; ma solo Tolommeo diede la prima dottrina di que' fenomeni, e spiegò i moti, e le

distanze, e i diametri del Sole, della Luna, della terra, e delle ombre di queste, a cui tutta la cognizione delle ecclissi si appoggia, e fece vedere i molti usi astronomici, che dalle ecclissi lunari possono derivare, non conoscendosi ancor abbastanza que' delle solari. Ipparco osservò una disuguaglianza nel moto della Luna, come abbiam detto, nata dal moto delle *apsidi* della medesima, ch' egli rappresentò con un epiciclo, o con un eccentrico; Tolommeo ne trovò un' altra prodotta dal moto de' *nodi*, che combinò con quella delle *apsidi*, movendo la Luna in un epiciclo per un eccentrico. L' epiciclo fu ideato dal geometra Apollonio, o fu almeno da lui dimostrata la proporzione necessaria fra l' epiciclo e il deferente per produrre i fenomeni delle stazioni, e retrogradazioni de' corpi celesti; Ipparco, più filosofo e più astronomo, pensò a sostituire un circolo eccentrico in vece del concentrico, che si credeva generalmente; e con questo eccentrico senza bisogno dell' epiciclo non solo spiegò più felicemente e con maggiore verità i detti fenomeni, ma varj altri eziandìo del Sole e della Luna non conosciuti dagli altri astronomi, che pur credeva potersi anche spiegare coll' epiciclo; Tolommeo unendo l' epiciclo coll' eccentrico, e immaginando un epiciclo, che abbia per deferente un eccentrico, non solo spiegò la sopraddetta disuguaglianza della Luna, ma diede anche ragione di due disuguaglianze, che s' osservano ne' pianeti, tanto riguardo al Sole, che

riguardo allo zodiaco. La teorìa de' pianeti, delle loro distanze, de' loro moti, delle dimensioni delle lor orbite fu tutta opera di Tolommeo; Ipparco fece varie osservazioni, scoprì alcuni fenomeni non osservati dagli altri, ma non ardì ancora di darne la determinazioni, nè di renderne la ragione; Tolommeo, più coraggioso, ed anche dopo le osservazioni di tre secoli più illuminato, intraprese di spiegar tutto, e di tutti i celesti fenomeni volle stabilire una completa teorìa. Colla cognizione delle stelle fisse, del Sole, della Luna, e de' pianeti si credè padrone dell' universo, e volle regolarlo tutto a suo modo, dargli le leggi, e fissare un pieno sistema. Quindi il famoso sistema tolemmaico, il quale, benchè fondato sopra uno schiarimento de' corpi celesti da' caldei, o da altri astronomi prima di lui immaginato, ebbe nondimeno il nome di Tolommeo, perchè da lui appoggiato ad osservazioni, ed a ragioni, e ridotto ad astronomica regolarità. Il sistema di Tolommeo si presenta troppo ingombro d' epicicli, e di circoli, d' eccentrici, e di concentrici, ed è insostenibile per la stessa sua complicazione poco conveniente alle operazioni della natura; ma dèe sempre riguardarsi come un portento d' arditezza di genio, di fecondità d' immaginazione, di sottigliezza d' ingegno, di varietà di risorse dell' astronomico sapere del suo autore. La geografia, la cronologia, e l' ottica, come appartenenti all' astronomìa, goderono anche della giovevole beneficenza degli

studj di Tolommeo. E tante sono le nuove osservazioni, e le interessanti scoperte, con cui illustrò Tolommeo l'astronomìa, che troppo lungo, e troppo arduo impegno sarebbe il volerle riferir tutte; ma egli è stato ancora più benemerito della sua scienza, e più utile alla posterità colle dotte sue opere, che colle stesse scoperte. L'*Almagesto* di Tolommeo, come opportunamente dice il Bailly (a), mantenne la comunicazione fra l'astronomìa antica e la moderna, e fu il fedele magazzino, dove per lunghi secoli si tennero in deposito i metodi, le osservazioni, e le cognizioni di tutti gli antichi astronomi, per trasmettersi a' moderni, che ne hanno saputo profittare. Se lo studio astronomico non si estinse in Alessandria, se si accese negli arabi, se si conservò ne' secoli rozzi, se si rianimò nel ristoramento de' buoni studj, e si portò a quella perfezione, in cui lo vediamo presentemente, tutto si dèe all'*Almagesto* di Tolommeo.

Astronomìa arabica.

Lo studio dell'astronomìa seguitò ancor a coltivarsi in Alessandria; ma dopo Tolommeo non sorse alcun vero astronomo. Noi tralasciamo di riferire i nomi degli scrittori, e de' maestri, degli astronomi, e de' cronologi, che si contano di que' tempi fra' greci e fra' latini per empiere la storia dell'astronomìa, e veniamo brevemente agli arabi, che sono gli unici, che da Tolommeo fino a Copernico le abbiano saputo produrre qualche reale vantaggio.

(a) *Astr. moderne* lib. v.

Gli osservatorj astronomici, gli estremamente grandi ed esatti stromenti, l'operazione della misura della terra, le molte tavole astronomiche, la storia celeste d'Ibn Junis, ove si riportano moltissime lor osservazioni, ed infinite opere non solo conservateci nell'arabico originale, ma tradotte in latino, o in volgare, che hanno un tempo servito alle scuole astronomiche, e che ancor vediamo o manoscritte, o stampate nelle biblioteche; e le lunghe liste d'astronomi, e di principi protettori dell'astronomìa, che gli scrittori della storia astronomica, o que' delle cose arabiche ci presentano, tutto prova, che ardentemente fu coltivato, e promosso dagli arabi lo studio dell'astronomìa: e tanti nomi arabici divenuti tecnici, e proprj di questa scienza fanno vedere quanto essa sia debitrice a quella nazione, da cui ha dovuto prender la lingua. Infatti gli elementi di Alfragano sono stati il libro classico dell'astronomìa, non solo presso gli arabi, ma eziandìo in tutta l'Europa. Una determinazione più giusta della lunghezza dell'anno, un'osservazione della declinazione dell'eclittica, e più di tutto la *trepidazione delle fisse*, o un moto libratorio, per cui queste or avanzino, or retrocedano, falsamente immaginato da Thebit, hanno data molta celebrità al suo nome. Fu famoso Arzachel per le tavole *toledane*; ma si rese più utile all'astronomìa per le continue sue osservazioni, e pel metodo, che adoperò, più perfetto di quello d'Ipparco, e di Tolommeo, per determinare l'apogeo del Sole, la

Alfragano.

Arzachel

sua eccentricità, e gli elementi della sua teoria. Alhazen, di cui abbiamo parlato nel trattato dell'ottica, è il primo astronomo, da cui possiamo imparare la dottrina de' crepuscoli, dell'atmosfera, e delle astronomiche rifrazioni, tanto necessaria a tutta l'astronomia. La sostituzione immaginata da Alpetragio delle orbite spirali in vece delle circolari, se non servì a dare una migliore spiegazione de' fenomeni de' moti celesti, affievolì almeno il pregiudizio, che dominava in tutti gli astronomi, di non potersi questi eseguire che per orbite circolari: il primo passo verso la verità è il discostarsi dall' errore, nè si sarebbe forse mai giunto a stabilire le orbite ellittiche, se Alpetragio non avesse avuto il coraggio d'abbandonare le circolari, e d'introdurre, benchè poco avvedutamente, le spirali. Questi, e molti altri arabi nell' Asia, nell' Africa, e nell' Europa tennero in credito e vigore l' astronomia, e le fecero fare alcuni progressi; ma il vero astronomo degli arabi, l' Ipparco, e il Tolommeo di quella nazione, altri non fu che Albatenio: la giustezza delle sue vedute, e le molte sue scoperte gli danno tutto il diritto a quest' astronomico principato. Egli assai più che gli antichi s' accostò alla verità nel determinare il movimento, che osservasi nelle fisse, riducendolo ad un grado per 70 anni in circa, non già per 100. Egli toccò sì dappresso l' eccentricità dell' orbita solare, che i moderni non le hanno saputo dare maggiore esattezza. Egli fece nuove tavole astronomiche, assai più giu-

Alpetragio.

Albatenio.

ste di quelle di Tolommeo. Ma ciò che gli meritò particolarmente la venerazione degli astronomi, fu la sottile scoperta d'un movimento dell' apogeo del Sole distinto da quello delle fisse, e alquanto più rapido, pel quale l' apogeo del Sole s' avanza uniformemente lungo l' ecclittica: e la scoperta di quest' avanzamento l' eccitò per l' analogìa a sospettarne uno simile negli apogei degli altri pianeti, come le osservazioni moderne sembrano dimostrare. Questa scoperta è stata un nuovo passo dell' astronomìa verso la sua perfezione; questa può dirsi l' unico vero avanzamento, che abbia ottenuto quella scienza nel lungo corso di tanti secoli; questa mette Albatenio al fianco d' Ipparco, e di Tolommeo fra' padri, e creatori dell' astronomìa. Il solo Albatenio basta ad onore dell' arabica astronomìa; e noi lasceremo da parte tant' altri arabi, che si fecero nome distinto, e che ancor sono rinomati nella storia di quella scienza. Nè ci tratterremo di più nel descrivere le gloriose fatiche d' Alfonso X re di Castiglia, e l' opere di Giovanni di Siviglia, di Gherardo, di Giovanni di Sacrobosco, e di que' pochi, che profittando del magistero degli arabi, cominciarono a spargere per l' Europa qualche amore delle astronomiche cognizioni. L' astronomìa di que' tempi non era che arabica: traduzioni, comenti, e spiegazioni de' libri arabici erano tutti i lavori degli studj degli europei, come tante volte abbiam detto; nè per quanto vogliamo esaminarli minutamente, potremo sperare di ritrovar-

Astronomi europei discepoli degli arabi.

varvi il più picciolo avanzamento, nè cognizione alcuna, che non sia intieramente dovuta agli arabi loro maestri. Noi ci affrettiamo ad entrare nella moderna astronomìa, dove tanti sì rapidi, e sì grandiosi avanzamenti s' incontrano, che per quanto cerchiamo di trascorrerli leggiermente, dovranno formare per lunga pezza tutta la nostra attenzione.

Il secolo decimoquinto, troppo ingiustamente accusato di rozzo e d' incolto, è l' epoca del risorgimento della maggior parte delle scienze, e segnatamente dell' astronomìa. Il primo passo per fare una nuova astronomìa era impadronirsi bene dell' antica; e questa non poteva allora ottenersi, non conoscendosi che nell' almagesto di Tolommeo, nè avendosi questo che troppo liberamente tradotto, ed alterato dagli arabi, e quindi reso latino da rozzi scrittori poco intelligenti dell' arabo e dell' astronomìa, e mal pratici del latino. Nel secolo decimoquinto si diseppellirono i libri greci, venne in moda lo studio della lingua greca, si conobbero per così dire personalmente gli autori greci, e le scienze greche si resero agli europei domestiche, e familiari. Il Purbach, e il suo discepolo Regiomontano produssero nell' astronomìa questo ristoramento. Poco contenti dell' astronomìa, che allor sapevasi, ed offesi delle moltissime assurdità, che nelle traduzioni dell' almagesto incontravansi, presero a fare da sè molte osservazioni, riformare le allor correnti opinioni, e correggere gli errori delle traduzioni dell' almagesto; e

Ristoramento dell' astronomìa.

Purbach, e Regiomontano.

singolarmente il Regiomontano, proveduto de' lumi della geometrìa e della lingua greca, ed ajutato dagli stromenti, che la generosità del Walter gli prestava, potè combattere le fallaci teorìe di Gherardo, e d' altri astronomi di que' tempi oscuri, tradurre dal greco originale non solo Tolommeo, e il suo comentatore Teone, ma Menelao, e Teodosio, e rimettere alla comune cognizione la greca astronomìa, spiegare gli stromenti astronomici col loro uso, tanto que' che avevano adoperati gli antichi; come altri più recentemente inventati, formare tavole, distendere effemeridi, e rinnovare in somma l' antica astronomìa, e cominciar a dare eccitamento per formarne una nuova. Questa ebbe la felice sua nascita dal Copernico.

Altri astronomi

Non pochi furono alla fine di quel secolo gli astronomi di qualche grido: il Bianchini, Domenico Maria, il Ricci, il Walter, il Werner, l' Appiano, ed altri parecchi; ma noi in tanta copia d' astronomi più rinomati, e più degni della nostra attenzione li passiamo tutti in silenzio, e veniamo al Copernico, vero padre della moderna astronomìa.

Copernico.

Il collocamento, e la disposizione di tutti i corpi celesti, e il pieno sistema dell' universo è il fondamento, ed il fine di tutta l' astronomìa. Copernico, pratico del cielo e delle stelle, non potendo combinare i fenomeni, che osservava col sistema di Tolommeo, si diede a ricercare in qual altro sistema si potrebbero tutti spiegare naturalmente (a). Trovò, che Hceta, Filo-

(a) *De revol. orb. cælest.*, Præf. ad Paulum III.

lao, ed altri greci fecero movere la terra, alcuni intorno al suo asse soltanto, altri nell' annua sua orbita; ed abbracciò detto moto dell' uno e nell' altro senso. Lesse in Marciano Capella, che alcuni filosofi facevano girare intorno al Sole Mercurio, e Venere, e trovò, che questa teorìa era molto conforme a' fenomeni di tali pianeti, ed all' astronomica verità. Riflettè, che anche Marte, Giove, e Saturno avevano tali disuguaglianze nelle congiunzioni, e nelle opposizioni, che non potevano intendersi facendoli muovere intorno la terra, ma che si spiegherebbero chiaramente se si movessero intorno al Sole. La Luna sola restò per lui nell' antico suo posto; ed essa realmente faceva il suo giro intorno alla terra. Restava dunque da contemplare, se fosse più verisimile, che il Sole con tutti i pianeti girasse intorno alla terra, ovver che la terra, portando seco la Luna come un suo satellite, si movesse come tutti gli altri pianeti intorno al Sole. I sopraddetti antichi filosofi abbracciarono il moto della terra; ma ciò fecero senza i necessarj fondamenti per uno sforzo soltanto d' immaginazione e d' ingegno, o forse più tosto per discostarsi dalla comune opinione, e rendersi singolari. Copernico non ardì fare un tal passo, e proporre agli astronomi un tale moto, se non quando dopo quaranta e più anni d' osservazioni, e di meditazioni restò convinto di potersi con questo solo rendere piena ragione di quanti moti, e fenomeni si osservano ne' cieli, e combinarsi in tale siste-

ma naturalmente, e senza la menoma violenza tutti i diversi accidenti del cielo e della terra, che non erano stati fin allora ben intesi. Così l'opinione degli antichi fu abbandonata come un sogno, o come una delle molte assurdità, che amavano di spacciare i filosofi: il sistema di Copernico viene anch' oggidì rispettato come una grande scoperta, ed una astronomica verità. Egli dunque fissò nel centro il Sole, intorno al quale girano Mercurio e Venere, la terra colla Luna, che la corteggia, e poi Marte, Giove, e Saturno. Le varietà delle stagioni, e tutti i fenomeni, che vediamo nella terra, nella Luna, nel Sole, e in tutti i pianeti, si spiegano in questa disposizione de' corpi celesti colla maggiore naturalezza, e facilità. Anche il piccolo lentissimo moto, che comparisce nelle stelle fisse, che i greci e gli arabi avevano attentamente osservato, senza però poterne conoscere la cagione, si vede derivare naturalmente da una picciola irregolarità nel parallelismo della terra, ricevuto che sia il doppio moto di questa sul proprio asse, e nella sua orbita. Tutti i movimenti regolari ed irregolari, che osservansi nel Sole, nella Luna, ne' pianeti, nelle stelle fisse, ed in tutti i cieli, tutti si presentavano spontaneamente alla vista degli astronomi nella supposizione del moto della terra, e tutti que' fenomeni de' corpi celesti, che nell'altre ipotesi parevano, e si chiamavano irregolarità, comparivano regolarissimi, e necessarj nel si-

stema copernicano (*a*). E Copernico collo stabilimento del suo ben discusso e maturato sistema piantò la base della moderna e vera astronomia, e della giusta, e distinta idea della costituzione dell' Universo. Questo sistema, pubblicato nel 1546, e riconosciuto utilissimo da molti astronomi, e dallo stesso cardinale Schonberg, che sollecitarono l' autore per la sua pubblicazione, restò nondimeno oscuro, e quasi dimenticato, o riguardato soltanto come un ingegnoso paradosso, nè eccitò nel mondo astronomico quello strepito, che la sua importanza doveva esigere, nè ottenne per tutto quel secolo particolare celebrità: il Retico, il Reinold, il Moestlin, e poch'altri furono i suoi dichiarati partigiani; ma soli il Keplero, ed il Galileo gli diedero fama universale, e lo fecero abbracciare da tutti gli astronomi come una vera scoperta. Dopo il Copernico non ebbe l'astronomia seguaci, che le recassero molto splendore: il Reinold si fece nome colle *Reinold.* sue tavole, dette *Pruteniche* in onore del prussiano Copernico, secondo il cui sistema le aveva composte. Il Nugnez, o Nonio, fu benemerito *Nugnez.* dell' astronomia, non tanto per avere sciolto il problema del giorno del menomo crepuscolo, che ha occupato anche i matematici de' nostri dì, e per averci dato un assai pieno trattato intorno a' crepuscoli, e varj scritti astronomici, quanto per aver inventato l' utilissimo stromento di divisione ben conosciuto

(*a*) *De revolut.* ec. cap. x, e al.

Gugliel-mo land-gravio di Hassia Cassel

col nome di *Nonio*. Celebre è nella storia dell' astronomia Guglielmo IV landgravio d' Hassia-Cassel, il quale ajutato dal Rotman e dal Birge, arricchì quella scienza di molte, ed esatte osservazioni, conosciute col titolo d'*Osservazioni assiane*. Il Moestlin sparse i semi di varie scoperte, che poi Ticone, il Galileo, e il Keplero fecero germogliare. L' Appiano, il Mugnoz, e molt' altri si facevano a que' tempi nominare con lode in quella scienza; ma tutti rimasero oscurati dallo splendore del gran Ticone, secondo, e più vero padre della moderna astronomìa.

Moestlin ed altri.

Nelle scienze generalmente la pratica è la serva, e ministra della teorica, pel cui ajuto è istituita; ma nell'astronomìa forma una parte sì nobile e interessante, che quasi diventa principale, e padrona, ed ha sotto di sè la teorica. Vasti pensieri, ed ingegnose teorìe non mancavano agli antichi greci; ma destituti degli stromenti, e de' metodi d' osservare, de' mezzi, ed ajuti di conoscere la verità, spacciarono le loro immaginazioni, non fecero vere scoperte, nè poterono produrre alla scienza astronomica notabili avanzamenti. Ticone fu il riformatore dell' astronomìa pratica, come Copernico della teorica. Sentì il bisogno di più perfetti stromenti, ingrandì, e migliorò gli usati allor dagli astronomi, e ne inventò, e ne fece lavorar altri molto più esatti, ed immaginò metodi più opportuni, e più giusti, onde poter dare alle sue osservazioni maggior perfezione, correggere l' inesattezza di quelle

Ticone.

degli altri, accrescere la precisione, e giustezza, e scoprir nuove verità; e divenne maestro universale dell' arte d'osservare, lasciandosi un' istruttiva descrizione di tutti gli stromenti, della loro costruzione, e de' loro usi, ed una meccanica dell'astronomìa (a). Il primo frutto delle sue osservazioni fu l'esatta notiza della nuova stella compresa nella costellazione di Cassiopea, e dopo più d' un anno di nuovo sparita, di cui egli descrisse la grandezza, il lume, il colore, la posizione, ed in qualche modo la distanza, dimostrando incontrastabilmente la sua mancanza di paralasse; ed è bene strana combinazione, che a soli Ipparco, e Ticone, ai due che sono stati i primi veramente astronomi fra gli antichi e fra' moderni, sia toccata la medesima sorte di scoprire, e d'osservare comodamente una nuova stella. Questa scoperta indusse Ipparco ad intraprendere la grand' opera di numerare le stelle, e di formarne un catalogo; la medesima istigò Ticone a rivedere per se stesso tutte le stelle, fissarne la giusta posizione, distenderne un più esatto catalogo, e riformare l' astronomìa. Una cometa dappoi comparsa fu anch' essa feconda di nuove osservazioni, e di nuove scoperte a Ticone. Egli la osservò di pochissima, o di quasi nessuna sensibile paralasse, e trovò, che le comete sono superiori all' orbita della Luna; e benchè le credè come meteore, esaminò il loro corso, e pensò nondimeno, che si po-

(a) *Astron. instaur. Mechanica.*

tesse o muovere in una curva regolare intorno al Sole; onde distrusse l'errore troppo dominante nelle scuole della sodezza ed impenetrabilità delle sfere celesti; ed il distruggere un troppo radicato errore è spesso più vantaggioso alle scienze, che lo scoprire una verità. La vera dottrina delle rifrazioni, e la dimostrazione, e la calcolata determinazione de' loro effetti, e delle correzioni, che ne dovevano derivare nelle osservazioni, si può dire tutta di Ticone, benchè abbia egli preso ancor qualche sbaglio. Le scoperte d'una terza disuguaglianza nella Luna, oltre le due già prima riconosciute da Ipparco, e da Tolommeo, e d'una variabilità nell' inclinazione della sua orbita, ed una più vera, e giusta cognizione de' movimenti della Luna accrescono di molto i meriti di Ticone nell' astronomia (a). Non parlerò del famoso suo sistema, che fa muovere tutti i pianeti intorno al Sole e la Luna, ed il Sole con tutti i pianeti intorno alla terra: il rispetto ad alcune espressioni della Scrittura l'indusse a tenere la terra ferma ed immobile, e le sue astronomiche cognizioni l' obbligarono a far muovere i pianeti intorno al Sole; onde formò un sistema, che appoggiò in gran parte il copernicano; ma nè piacque a' copernicani, nè a' tolemmaici. La sua specola, e la sua città del cielo, od *Uraniburgo* nell' isola di Huena, la sua passione per l' astronomia, e la generosa liberalità del re di Danimarca

(a) *Progymnasm.*

Fe-

Federigo II nel secondarlo sono troppo note in tutte le storie, perchè ne dobbiamo fare lungo discorso. Noi ci vantiamo ne' nostri tempi e nelle nostre contrade d'amore e di protezione delle scienze: ma dove trovarne un sì luminoso esempio, come cel danno nella Danimarca nel secolo decimosesto Ticone, e Federigo? Tutti i monarchi di quel tempo pareva che gareggiassero nel fare onori a Ticone, che onorava l'astronomìa: nè solo il re di Danimarca, ma quello altresì d' Inghilterra, il landgravio d' Hassia-Cassel, l' imperadore Rodolfo si resero cari alla posterità col tributare onorificenze, e compartire favori al nuovo padre, e creatore dell' astronomìa. Non sono però questi i monumenti, che rendono immortale ne' fasti delle scienze il nome di Ticone: una nuova astronomìa pratica da lui creata, un nuovo catalogo delle stelle fisse, colla giusta loro posizione, una più vera cognizione delle comete, una più perfetta teorìa delle rifrazioni, nuove scoperte nella Luna, nuove osservazioni su tutti i pianeti, correzioni d' errori, invenzioni di stromenti, di metodi, e di verità, universale riforma di tutta l' astronomìa sono i veri titoli di Ticone per l' immortalità del suo nome.

Colla scorta di sì illustre maestro fece a que' tempi l' astronomìa rapidissimi avanzamenti. Non parlerò della correzione gregoriana del calendario, che s' eseguì allora coll' opera principalmente del Lilio, e del Clavio, della quale abbiamo già parlato trattando della crono-

logia. I grandi astronomi; le utili invenzioni, gli strepitosi progressi si succedono in questi due secoli con tale continuità, che appena ci rimarrà il tempo d' accennarli soltanto, senza poterli mettere in qualche lume. Infatti, che vasto campo non ci aprono di lunghi ragionamenti al principio del passato secolo il Keplero, ed il Galileo, i quali entrano a parte con Copernico, e con Ticone nell' onore della riforma, o della creazione d' una nuova astronomia, e li superano nella grandezza, ed utilità delle loro scoperte. Se Copernico mise in ordine i corpi celesti, e piantò il sistema dell' universo, Keplero regolò i loro moti, e fu il loro legislatore. Le orbite ellittiche de' pianeti, e le leggi de' loro movimenti, famose sotto il nome di leggi di Keplero, sono la soda e vera base di tutta la moderna astronomia. L' orbite circolari, gli eccentrici, e gli epicicli sono i caratteri dell' antica; mentre Copernico, e Ticone li lasciano sussistere, non si può ancora dire riformata la scienza astronomica; al fissare Keplero l' ellissi, e condurre per esse i pianeti, sparisce la complicatezza dell' antiche immaginazioni, e si presenta la semplicità, e chiarezza della verità. Le osservazioni di Marte, incominciate da Ticone, portate da Keplero più oltre, gli fecero vedere tali irregolarità nel suo moto, che non potevano adattarsi a verun circolo eccentritico, ed addimandavano un' ovale. Ne immaginò egli una, colla quale credè di tenere soggetto quel pianeta; ma vide, che gli sfuggiva, e che gi-

Keplero

ava liberamente fuori di quella nuova ovale da lui lodata. Pensò allora all'ellisse ordinaria; e trovò, che il suo pianeta si contentava realmente di contenersi entro quella curva, o, com'egli diceva poeticamente, il suo prigioniere non tentava più di scappare. Fissò dunque il corso di Marte in un'orbita ellittica; ed applicando questa al giro degli altri pianeti, trovò che tutti vi si arrendevano facilmente, e stabilì la grande scoperta astronomica, che i pianeti si muovono in orbite ellittiche, non, come fin allora s'era creduto, in circolari. Quindi osservando, che nell'afelio, o apogeo, avevano un moto più lento che nel perielio, o perigeo, si studiò di trovare qualche proporzione fra un luogo e l'altro, e scoprì, che prendendo un triangolo dal Sole, o dal foco dell'ellisse fino a due punti dell'orbita percorsi in un dato tempo dal pianeta, non saranno certo in tempi uguali uguali gli archi dell'orbita compresi fra que'due punti, ma saranno bensì uguali sempre le aree in tempi ugnali; e questa è la prima legge, che impose agli astri il *Keplero*. L'altra riguarda le differenti velocità de'pianeti reciproche delle distanze, e ne stabilisce la proporzione, cioè, che i quadrati de' tempi periodici sono come i cubi delle distanze. Queste due leggi, trovate vere dal *Keplero* in tutti i pianeti riguardo al Sole, e nella Luna riguardo alla terra, sono state poi felicemente applicate a' satelliti ed alle comete, ed in tutti i corpi celesti si sono sempre più confermate. *Keplero* ebbe ce-

me Ipparco e Ticone la sorte di vedere una stella nuova nel piede del Serpentario, di cui fece un' accuratissima descrizione. Queste nuove stelle col miglioramento dell' astronomìa, e colla maggior attenzione degli astronomi, divennero assai comuni, e perderono in gran parte il pregio della rarità. Anzi se ne scoprirono di specie diverse, e s' osservarono in esse notabili differenze, comparendo alcune all' improvviso, e poi affatto svanendo, altre seguendo certi periodi, in cui prodursi ed occultarsi, senzachè si sia finora scoperta, per quanto il Maupertuis, ed altri ne abbiano scritto, la vera cagione di tali accidenti. Ma ritornando al Keplero, egli ebbe il merito di arricchire l' astronomìa delle famose tavole dette *Ridolfine*, le prime che sieno state degne di comparire nella luce della moderna scienza: egli inventò metodi d' osservare, e di calcolare, che sono anche seguiti fino a' nostri dì; egli ci lasciò molte interessanti osservazioni; egli trattò con maestrìa e novità delle rifrazioni astronomiche, e delle paralassi; egli in somma è stato per molti titoli benemerito della scienza astronomica. Ma in Keplero non sono da considerarsi queste particolari vedute, e particolari scoperte: le leggi generali, che dirigono tutti gli astri; il piano universale, che collega mutuamente le scienze l' une coll' altre, che vede le reciproche relazioni di tutti i corpi, ch' entra intimamente nel maneggio delle secrete molle della natura, che regola, e governa tutto il mondo, sono le opere

degnò della superior mente del gran Keplero. A lui dobbiamo l' unione dell'ottica coll' astronomia, e l' accorgimento de' vantaggj, che può questa ricavare dalle ottiche cognizioni. Ma il maggiore ed il principalissimo suo merito nell' astronomia è l' unione, che tentò di fare di questa colla fisica, e l' avere cercato di ridurre alle leggi comuni della natura i moti tutti delle stelle, e tutte le operazioni de' cieli. Gli astronomi antichi e i moderni s' erano contentati di vedere, e d' intendere in qualche modo i fenomeni, senza prendersi cura d' indagarne le cagioni: contenti di contemplare l' esterno di questa gran macchina, non cercavano di esaminarne l' interna costruzione; immaginavano cicli, epicicli, e centri meramente ideali e fittizj, e purchè questi si convenissero cogli osservati fenomeni, poco loro caleva di verificarne la realtà. Keplero da savio filosofo non si appagò di queste immaginazioni, nè credè verisimile che i moti celesti si facessero intorno a centri fittizj; che nessuna influenza, o relazione potevano avére con essi, nè che la natura li producesse senza una qualche cagione fisica, che li esigesse, e li regolasse, e si diede a studiare questa cagione, ed a carpire questo secreto della natura. Frutti di tali ricerche furono alcune scoperte astronomiche, ed alcune felicissime congetture, forse più utili che le stesse scoperte, e più feconde di nuove, e sublimi verità. L' attenzione universale di tutti i punti della materia, il mutuo collegamento di tutti i corpi, l' influenza del

Sole su l' irregolarità del moto della Luna, e della Luna su le maree, e varie altre scoperte della moderna fisica, e dell' astronomia furono conosciute, e indicate da Keplero, benchè non abbastanza seguite, ma abbandonate da lui alla più illuminata posterità. Forse alle congetture del Keplero è dovuta la grandiosa teorìa del Newton; e certo le sue congetture, e le sue scoperte sono il fondamento di tutta la parte teoretica della moderna astronomìa; e il Keplero dovrà sempre venerarsi come il più vero padre, e il più fecondo creatore di questa novella scienza, come il più valente eroe, che avesse fin allora dominato ne' cieli, come uno de' più gran genj, che sieno venuti alla luce del mondo.

Galileo Contemporaneo, ed amico di Keplero fu Galileo; l' unico, che potesse aspirare a superarlo, e che potesse riguardarlo con qualche rivalità. Keplero fu il legislatore de' cieli, Galileo ne divenne conquistatore; ma bisogna pur confessare, che le scoperte del Galileo si deono in parte al caso, quelle del Keplero sono tutte opere del suo genio, e nobili sforzi del suo ingegno, e della sua immaginazione. Qualunque sia stato l' inventore del telescopio, fu pensiero felice del Galileo, d' immortale gloria alla sublime sua mente, e d' infinito vantaggio all' astronomìa, l' applicarlo ad esaminare le stelle, ed a inoltrarsi ne' cieli. Gli stromenti sono le ali, con cui gli astronomi s' innalzano a penetrare nelle regioni celesti. Luna, Sole, pianeti, e stelle fisse, tutto comparve in un

nuovo aspetto, nè vi fu parte alcuna in tutto il cielo, che non ricevesse dal telescopio del Galileo qualche riguardevole novità. Contemplò le stelle fisse; e al suo sguardo nacquero in ciascuna costellazione infinite stelle sepolte per tanti secoli in un' impenetrabile oscurità; le dotò d' una luce propria e nativa, di cui sono privi i pianeti; ma tolse loro all' opposto quell' irradiazione avventizia, che mostrano agli occhi nudi, e le spogliò di quella parte del loro splendore, che tutti fin allor avevano creduto essere propria de' loro corpi. Esaminò Saturno; e secondo l' espressione del Keplero (a) vinse quel Gerione di tre corpi, e lo trasse da' secreti aditi della natura, presentandolo agli occhi di tutti. Trovò questo pianeta accompagnato da due piccole stelle a' suoi fianchi, ch' erano parte dell' anello, che poi gli scoprì dintorno l' Ugenio. L' esaminò di nuovo dopo qualche tempo, e lo trovò solitario senza la compagnia di quelle stelle; ma meditandovi sopra predisse, che dentro cinque o sei mesi si sarebbe di nuovo veduto accompagnato come prima; e tale infatti essendo stato veduto dal Castelli, il Galileo; che più non poteva osservarlo, conobbe, che questi cambiamenti dovevano avere i loro periodi, che sarebbe toccato alla posterità lo scoprirli. Questi infatti sono l' apparizione, e disparizione dell' anello, che si sono realmente scoperte, e si predicono senza difficoltà dagli astro-

(a) *Dioptr. Præf.*

nomi, com' abbiamo veduto a nostri dì. (a) La scoperta prediletta del Galileo fu intorno a Giove de' quattro suoi satelliti, di cui egli calcolò i periodi, e ne formò le tavole, e pel cui mezzo promise di trovare in mare, e in qualunque sito la tanto desiderata longitudine. L'astronomia, la geografia, la nautica, l'ottica, e tutta la filosofia deono infiniti lumi a questa scoperta; ed è somma lode del Galileo non solo l'averla fatta, ma averne subito riconosciuti i vantaggi, e immaginati i mezzi, e proposti i metodi di ricavarli. Che se è stato posteriormente riguardato il Cassini come un portento d'accortezza e di forza d'ingegno per avere costruite le tavole di que' satelliti dopo tant'anni d'osservazioni, quanto non ci dovrà comparire maraviglioso, e divino il Galileo, che fino dal primo, per così dire, lor nascere, seppe formarne tavole da soddisfare in qualche modo al suo sublime ingegno, che non si contentava di qualunque esattezza? Discese a Marte, e vi trovò un lume molto più gagliardo di quello di Giove, e ciò ch'è più interessante, una tale disuguaglianza nell'apparenza del suo diametro, che appena comparisce nella congiunzione un sessantesimo di quello, che si mostra nell'opposizione. Lo vide anche all'oriente alquanto scemo, onde venivano scoperte le sue fasi; ma la sua esattezza non potè perfettamente accertarsi di sì importante fenomeno. Se n'accertò bensì

(a) V. de la Lande *Astron.* t. III, §. 3230 ec.

pie-

plenamente in Venere, e la seguì con tanta diligenza dal suo apogeo, o quando era, diciamo così, Venere piena, fino al suo perigeo, o quando era Venere nuova; e ne spose con tanta distinzione tutto l' andamento delle sue fasi, che lasciò poco da aggiungere al Banchini, il quale dopo tanti anni ha voluto ripigliare queste osservazioni, e n' è riuscito con molto onore (a). Credeva egli parimente, che avesse Mercurio, come Venere, le sue fasi; ma la troppa di lui vicinanza del Sole non gli permetteva di scoprirle: e se non poteva parlarne dietro alle astronomiche osservazioni, ne discorreva con filosofici, e giusti ragionamenti. La Luna fu il primo, e l' ultimo oggetto degli astronomici suoi sguardi. La scabrosità della superficie, e il metodo di misurare i suoi monti, furono i primi ritrovati, ed argomenti di moltissime opposizioni, che diedero maggiore celebrità alle scoperte de' telescopj e l' osservazione dell' apparizione, e disparizione d' alcune macchie della Luna, la scoperta della sua *librazione*, l'esame della cagione di questo fenomeno occuparono gli ultimi pensieri astronomici del Galileo. Il Sole eziandio fu per lui un campo fertilissimo di scoperte. Le macchie solari, la loro natura, ed il loro corso, il moto del Sole sul proprio asse congetturato per fisiche ragioni dal Keplero, ed avverato dal Galileo con astronomiche osservazioni, sono sempre più nuovi ti-

(a) V, *Hesperi & Phosphori phæn. &c. Romæ.*

tòli all' immortalità del suo nome ne' fasti dell' astronomia. Con queste osservazioni, con queste scoperte, con questi lumi non poteva dubitare il Galileo, che non si movessero intorno al Sole tutti i pianeti, e la Luna intorno alla terra; esaminò quindi i fenomeni, che dovevano derivare dal moto diurno ed annuo della terra, e li trovò tutti, sì gli astronomici, che i fisici, tanto conformi alla ragione, ed alle leggi della natura, che non potè tenersi dall' asserire francamente, che muovesi la terra giornalmente sul proprio asse, ed annualmente intorno al Sole, ed abbracciò senza esitazione l' ipotesi di Copernico, la spese in tutto il suo lume, la difese da tutte le opposizioni, la confermò, e sostenne con validissime ragioni, l' ampliò, ed ingrandì co' nuovi fenomeni, e co' nuovi corpi celesti da lui scoperti, e fece sì che quella, che il Copernico propose per sua ipotesi, potesse chiamarsi sistema galileano. Non dirò qui le persecuzioni, e molestie sofferte dal Galileo per motivo di questo sistema: tutti gli scrittori ne parlano fino alla nausea, come se fosse cosa da eccitar la filosofica loro bile. Pur troppo in tutte le nazioni, e in tutte le età uno zelo mal inteso della religione ha fatto commettere violenze, e cadere in errori. Non è nuova a' filosofi la sorte del Galileo; nè è un biasimo particolare di Roma l' avere condannata come contraria alla religione un' opinione filosofica; ma è bensì particolarissima gloria di tutta l' Italia l' avere prodotto un filosofo dell' acutezza,

e sodezza, della vastità d' idee, e profondità di mente del Galileo. Copernico propose quel sistema, l' impugnò Ticone, Keplero lo suppose, il solo Galileo l' illustrò, lo confermò, lo difese, e lo munì di tutti i sussidj per reggere a' cambiamenti de' tempi, ed alle opposizioni non solo degli ostinati peripatetici, ma di tutti eziandio gl' incostanti, e novatori filosofi. Istrumenti, metodi, osservazioni, scoperte, teorie, sistemi, tutta in somma l' astronomìa dèe al Galileo molti preziosi lumi; e il Galileo divide col Keplero il principato nella moderna astronomìa, ed occupa un luogo distinto fra' più gran genj, che sieno venuti al mondo, fra' più sublimi, e fecondi ingegni, fra' più benemeriti dell' astronomìa, e dell' altre scienze. Ma quanto lieti, e felici non dovremo riputare que' tempi, quando, oltre Ticone, il Keplero ed il Galileo, fiorivano altresì lo Scheinero, il Baiero, e tant' altri valenti astronomi? Dalle macchie del Sole ha ottenuta lo Scheinero la principale sua celebrità. La scoperta di quelle macchie è stata pretesa da molti. Giovanni Fabrizio, Simone Mario, il Galileo, e lo Scheinero, tutti se ne vantano per primi scopritori; ma la maggiore contesa è stata fra il Galileo, e lo Scheinero. Veramente conosciuto che fu il telescopio, ed accresciuta con esso la voglia d' osservare le stelle, era facile che fossero da molti vedute le macchie solari, le quali in realtà sono molto visibili. E in questo, stando, come pare che dobbiamo starci, al testimonio degli stessi autori, *Scheinero*

l'anteriorità di tempo sembra doversi accordare al Galileo; sebbene lo Scheinero fece da sè la stessa scoperta senza saputa della galileana. Ma il metodo d'osservare tali macchie, l'esame della loro posizione, della lor figura, de' lor movimenti, e de' vantaggi, che dalla loro cognizione si possono ricavare, la congettura su la loro natura, e su la loro origine, e tutta insomma la teorìa di tali macchie viene esposta dallo Scheinero con tale pienezza, ed originalità, e raccontane con tale ingenuità tutta la storia dell' osservazioni, che non parmi che lasci luogo a contrastargli la gloria dell' invenzione (*a*). E certo lo Scheinero fra molte inutili disquisizioni, e ridicole espressioni riporta tante nuove ed interessanti verità, che merita certamente un onorato posto fra gli a-

Baiero. stronomi più rinomati. Il Baiero è celebrato per la sua *Uranometrìa*, e per averci presentate le regioni celesti, come altri fanno le terrestri, in carte uranografiche, che godono anche presentemente la stima de' dotti astronomi.

Gassend. Il Gassendo, erudito filosofo, e diligente osservatore, ebbe molti meriti nell' astronomìa; ma gli è venuta presso i posteri la maggiore celebrità dall' essere stato il primo a vedere Mercurio nel suo passaggio avanti il disco solare (*b*); perchè sebbene alcuni antichi, ed altri moderni, perfin lo stesso Keplero, crederono d'averlo veduto, dimostrò poi il Galileo

---

(*a*) *Rosa Ursina* lib. I ec.

(*b*) *Mercurius in Sole visus*.

altro non essere stato l' immaginato Mercurio che qualche macchia del Sole; e Keplero infatti ne restò persuaso. Un onor simile rispetto ad un altro pianeta ha reso illustre nell'astronomìa il nome dell' Horrox, degno anche altronde delle lodi degli astronomi, per avere anch'egli prima d' ogni altro avuta la sorte di vedere Venere innanzi al Sole, ed essere il primo, che si possa citare per l' osservazione di tal passaggio. Il Bullialdo, il Lansberg, il Morin, il Vandelino, lo Snellio, e parecchi altri nella prima metà del passato secolo coltivavano con profitto gli studj astronomici; e da per tutto vedevasi il genio dell' osservazione e delle ricerche; il desiderio delle scoperte, l' amore dell' astronomìa. Intanto il Cartesio, senza imbarazzarsi in osservazioni ed in calcoli, lasciandosi trasportare dalla sua immaginazione, credè d' avere ritrovata la forza, o il principio fisico, onde dovessero prodursi tutti i movimenti, e i fenomeni de' corpi celesti. Keplero aveva già incominciata una simile ricerca, e n' aveva date parecchie congetture, alcune delle quali toccavano assai di presso alla verità; ma non giunse a formare un piano, ed ordinare un sistema, in cui tutti i fenomeni si vedessero collegati, e derivati tutti da un sol principio secondo le leggi della natura. Questo fece il Cartesio co' famosi suoi vortici: formò del nostro sistema planetario un vasto vortice, nel cui mezzo era il Sole, e volle che le differenti sue parti si movessero con disuguali velocità, e facessero variamente gira-

Horrox.

Cartesio.

re all' intorno i pianeti, e spiegò così con molta sottigliezza i fenomeni, e formò la sua fisica, e meccanica astronomìa. Noi non possiamo seguire le ragioni, con cui Cartesio, ed i suoi seguaci, singolarmente il Bernoulli, hanno cercato di sostenere questo specioso sistema, nè le obbiezioni all' opposto, con cui i suoi avversarj, o i partigiani della verità l' hanno invincibilmente distrutto: or più non riguardasi quel sistema che come un piacevole sogno d' una brillante immaginazione; ma questo sogno però è stato forse il principio, che ci ha fatto trovare le tracce del vero andamento della natura nella costituzione dell' universo. Se Cartesio non avesse proposto un falso principio de' movimenti de' corpi celesti, e del sistema del mondo, non avrebbe forse trovato Newton il vero, o non l' avrebbe neppur ricercato.

Colla produzione di tanti celebri astronomi si animava sempre più quello studio, e cresceva l' ardore d' illustrare con nuove scoperte l' astronomìa. Allora l' Evelio arricchì la sua scienza colla *Selenografia*, e colla *Cometografia*; due opere sommamente pregevoli ed interessanti. Egli studiò la Luna, e ci diede un' esatta descrizione della sua grandezza e figura, delle sue fasi, e delle sue macchie, colle carte, che le rappresentano, e colla spiegazione de' vantaggi, che se ne possono ricavare: la natura della Luna fu da lui esposta con maggiore chiarezza, e verità; il moto libratorio della medesima osservato dal Galileo venne da

Evelio

fui illustrato con nuove ragioni; e la Luna, tante volte veduta e riveduta, allora solamente cominciò a lasciarsi conoscere in tutti i suoi aspetti. Da fino osservatore, quale egli era, seguì nel loro corso alcune comete, ne fissò la paralasse, e ne calcolò le distanze, ne segnò le posizioni, e determinò la linea del loro moto, e ci diede nella sua cometografia un' opera sì erudita, e profonda, che non ostante qualche suo errore è stata sempre riguardata come classica, e magistrale. L' Evelio osservò il passaggio di Mercurio sul disco solare nel 1661; lo descrisse con esattezza, e ne dedusse le conseguenze (a). Tentò anche di fissare gli astronomici suoi sguardi in Saturno; ma questo pianeta, che s'era incominciato a far vedere dal Galileo, si volle tenere riservato pe' vezzeggiamenti di due altri matematici non meno illustri, l' Ugenio, ed il Cassini. L' Ugenio, benemerito, come abbiamo veduto, delle altre parti delle matematiche, lo volle anche essere dell' astronomia. Oltre i notabili giovamenti che recò all' astronomia pratica coll' invenzione dell' orologio, del suo cannocchiale, e del primo saggio del micrometro, ed alla teorica colla dottrina delle forze centrali, e della figura della terra, s' applicò anche alle osservazioni, e fece alcune scoperte, che gli diedero giusto diritto di essere riposto fra' grandi astronomi. Una banda oscura sul globo di Marte, ed una stella nebulosa nell' Orione so- *Ugenio.*

(a) *Mercurius in Sole visus.*

no ritrovati delle sue osservazioni. Ma il teatro delle sue glorie astronomiche fu Saturno. Quelle anse, que' dischi, quegli appoggi, che si vedevano in Saturno, ma non potevano intendersi, furono finalmente conosciute dall' Ugenio per un anello, che lo circonda; e tutta la teorìa dell' allor conosciuto anello di Saturno, e della natura, de' periodi della sua apparizione e disparizione, tutta è dovuta alle diligenti osservazioni, ed alle sode speculazioni dell' Ugenio. Coll' esaminare sì frequentemente l' anello, e tutto ciò che circonda Saturno, vi scoprì l' Ugenio un satellite; e queste scoperte hanno reso il suo nome più glorioso nell' astronomìa, che quello di tant'altri più laboriosi astronomi, ma meno attenti, o meno felici osservatori. Non vogliamo confon-

Riccioli. dere nella folla di questi il rinomato Riccioli; perchè sebbene è vero, che non ha arricchita l' astronomìa di qualche particolare metodo d' osservare, e di calcolare, o di qualche distinta scoperta, pur somma lode merita l' indefesso suo zelo nel dedicare intieramente a quella scienza tutti i momenti della sua vita, osservare notte e dì, replicare l' altrui osservazioni, e farne altre nuove, legger tutto, conoscer tutto, e colle immense sue fatiche darci unite e ben ordinate le osservazioni, i metodi le opinioni, i calcoli di tutti i secoli, e presentarci un pieno, e compiuto quadro di tutta l' astronomìa. Se noi ameremo negli scrittori l' utilità dell' opere più che lo splendore della novità, dovremo professare grata riconoscenza

al

al Riccioli, il quale, se non s'è reso illustre con nuove scoperte, è stato, ed è tanto utile per le sue opere, che hanno formati molti altri stromenti, ed hanno fatto nascere molte scoperte. A quel tempo, cioè dopo la metà del passato secolo, mentre l' Evelio, e l' Ugenio illustravano con nuove scoperte l' astronomia, si formava per questa un nuovo ristoramento, e sorgeva una nuova, e più illustre epoca. L' astronomia pratica acquistava maggiore finezza, e perfezione. I grandissimi cannocchiali del Campani e dell' Ugenio aprivano nuovi campi a' curiosi sguardi degli astronomi. Alla maggiore estensione della lor vista si univa la maggiore facilità di determinare il preciso tempo dell' osservato fenomeno coll' ajuto dell' orologio a pendolo dell' Ugenio. Il micrometro, ch' ebbe il primo incominciamento da un piccol saggio dello stesso Ugenio, e fu migliorato alquanto dal Malvasia, e poi ridotto a pratica perfezione, e ad uso comune dall' Auzout (*a*), diede alle osservazioni molto maggiore precisione, e fu più fedele, e sicura scorta agli astronomi per le loro determinazioni. L' applicazione, allor immaginata dal Roberval, dall' Auzout, o da chicchessiasi, de' cannocchiali in luogo e delle pinnule, e delle alidade a' quadrati, ed a' grandi stromenti, conduceva lo sguardo degli osservatori con maggiore aggiustatezza al fissato oggetto, e dava più sicurezza alle osservazioni. Gli osservatori

Miglioramenti dell' astronomia pratica.

(*a*) V. de la Hire *Ac. des Sc.*, *an.* 1717.

di Parigi, e di Greenwich, allora eretti con una finezza di mire, ed esattezza d'esecuzione superiori di gran lunga a' grandiosi osservatorj, non solo degli arabi, ma de' danesi, e degli alemanni, furono un nuovo ajuto per la perfezione della pratica astronomia. Questa nuova giustezza e precisione, questa maggiore esattezza, e finezza teneva inquieti i moderni astronomi, nè li lasciava riposare su le osservazioni, misure, e determinazioni de' precedenti, ma gli obbligava a rivederle, rifarle, e verificarle tutte. Quindi la grande, ed accuratissima operazione del Picard di misurare la terra, non contentandosi nè delle antiche misure d'Eratostene, e degli arabi, nè delle moderne di Fernel, Snellio, e Riccioli. Quindi il viaggio del medesimo Picard ad Uraniburgo, per meglio conoscere, e porre nel giusto lor prezzo le operazioni astronomiche di Ticone. Quindi tant' altre gloriose imprese, alcune delle quali noi ora rammenteremo nel parlare del gran Cassini, che le animava, e d'altri, che n'ebbero parte.

Cassini. Cassini può dirsi il riformatore della moderna astronomia, come lo era stato dell'antica Ticone. Non vi fu parte del cielo, dove egli non trovasse da correggere, da aggiungere, da levare, dove non facesse qualche notabile riforma, dove non si nobilitasse con qualche grandiosa scoperta. Il primo soggetto, che si presentò agli astronomici suoi sguardi, fu fortunatamente una cometa, quella sorta di corpi celesti, che più abbisognava dell' illustrazione

d' un Cassini. Le comete hanno sempre eccitata, com' è naturale, la curiosità degli uomini, ma hanno occupate più le speculazioni de' fisici, che le osservazioni degli astronomi Gli egiziani, i quali, al dire di Seneca, fecero particolare studio de' cieli, niente dissero delle comete. I caldei sembra ch' esaminassero più attentamente questa materia; perchè secondo il testimonio d' Apollonio mindiano ponevano le comete nel numero de' pianeti, e ne conoscevano il loro corso. Ma bisogna che questa opinione fosse peculiare d' alcuni pochi, o si tenesse molto secreta, ed andasse in dimenticanza; poichè Epigene, che si portò a studiare da' caldei, asseriva niente aver essi di stabilito, e certo sulle comete, ma crederle soltanto accese accidentalmente da un turbinoso vento (a). Infatti nè Tolommeo, nè Ipparco, nè Eratostene, nè verun altro astronomo greco parlano di quell' opinione de' caldei, nè ancor dopo la notizia recatane da Apollonio, e dopo i suoi argomenti per appoggiarla non hanno curato d' esaminare le comete, o le hanno trascurate nelle loro osservazioni come semplici meteore. Il solo Seneca di tutta l' antichità abbracciò colla forza, ed energia della sua immaginazione quest' idea astronomica de' caldei, nè dubitò in questa parte d' abbandonare i suoi filosofi, e rispose sodamente a tutte le loro obbiezioni, osservò il corso di due comete, e lo trovò orbiculare, e curvo, quale non l' hanno

(a) Seneca *Quaest. nat.* lib. VII., c. III.

le meteore, ma soli i pianeti, e fissò con asseveranza, propria soltanto d' un' intima e ferma persuasione, che le comete sono come i pianeti, che hanno i loro corsi periodici e regolari; che se allora non conoscevansi tali periodi a motivo delle poche comete, che s' erano ancor vedute, anche i corsi dei pianeti, che pur vedonsi tuttodì, non erano stati conosciuti che poco prima, e che sarebbe venuto un tempo, in cui sarebbono ugualmente conosciuti que' delle comete, e si sarebbono maravigliati i posteri della cecità degli antichi, che non vedevano cose sì chiare (a). Con sì ragionevoli discorsi di Seneca sembrava, che dovessero scuotersi gli astronomi, e chiamare nel loro regno le comete come altrettanti corpi celesti. Ma prevalse il comune pregiudizio, e non vi fu astronomo nè greco, nè arabo, nè latino, che si degnasse di contemplarle, ma tutte le abbandonarono a' fisici, come semplici meteore. Regiomontano fu il primo, che pensasse a seguirle coll' occhio astronomico nell' incerto lor corso. Cardano pel movimento, e per la paralasse le crede assai al di sopra della Luna. Ticone le fece correre per una linea circolare in una regione superiore alla Luna; ma le credè ancora meteore. Galileo ancor dopo la scoperta di Ticone seguitò a sostenere la bassa nascita delle comete. Evelio studiò più di tutti questa materia, e fondato sulle osservazioni sue e d' altrui diede al corso del-

(a) Ivi cap. XXIV. e XXV.

le comete una curvità, che aveva del parabolico, ma sempre credendole meteore prodotte dalle esalazioni de' pianeti. Varie, e strane opinioni immaginarono gli astronomi per ispiegare la loro natura, quali vengono sposte eruditamente dal Pingrè, a cui noi rimettiamo i lettori (a). Cassini stesso seguì da principio il comune pregiudizio di riguardarle come corpi fortuiti, e destruttibili, che seguono corsi disuguali ed irregolari senz' attenersi ad alcuna stabile legge; ma riflettendo poi che i movimenti delle comete potrebbono essere soltanto in apparenza disuguali, ed avere realmente una regolarità come i pianeti, esaminandoli con maggiore attenzione, e con nuove mire parvegli più conforme alla ragione, ed a tutte le osservazioni de' fenomeni il farli tali, ed ebbe il coraggio di riporre le comete fra' corpi celesti, dare loro la stessa antichità, e regolarità de' pianeti, ed assoggettarle alle stesse leggi negl' irregolari lor movimenti. Il fino suo occhio, e le profonde meditazioni gli diedero una tale accertatezza nella cognizione del movimento delle comete, che potè dopo due osservazioni descriverne tutto il corso, potè predire che le stesse comete dovevano dopo un certo tempo ricomparire di nuovo, e potè darci una più notabile, ed in qualche parte assai giusta teorìa di que' corpi celesti, sconosciuti, ed anche trascurati per tanti secoli. Quale lode del filosofo Seneca avere egli colla forza

(a) *Cometographia* tom. I.

del suo ingegno afferrata subito una verità, che non ci è voluto meno di sedici secoli, nè meno delle replicate osservazioni, e meditazioni di Regiomontano, di Keplero, e d' Evelio, e del genio del gran Cassini per darla ad intendere, e farla abbracciare agli astronomi? L' opinione del Cassini venne poi dimostrata dal Newton, ed assicurata incontrastabilmente dall' Allejo, e dal Clairaut, e il Cassini col dare alle comete la natura di corpi celesti arricchì il cielo d' una folla immensa di abitatori, ed aprì all' astronomìa un nuovo, e vastissimo campo, dove spaziarsi con diletto ugualmente che con profitto. La teoria del Sole fu un nuovo teatro alla gloria astronomica del Cassini. La reale disuguaglianza di velocità nel suo moto in diversi tempi dell' anno era un punto molto contrastato fra gli astronomi, nè si sapeva trovare il modo di cercarne la decisione. La trovò il Cassini col formare la meridiana di San Petronio di Bologna, ch' egli poeticamente chiamava l' *Oracolo d' Apollo*. Non dirò le attenzioni, e i riguardi quasi superstiziosi, che il Riccioli chiamava *più angelici, che umani*, che adoperò il Cassini nella costruzione di quel gnomone: non rammenterò i molti vantaggi, ch' egli, ed altri astronomi suoi successori ne hanno saputo riportare; dirò solo al nostro proposito, che la disuguaglianza, non solo apparente, ma altresì reale, di velocità nel moto del Sole, minore nella state, che nell' inverno, fu decisa senza contrasto; che si conobbe più esattamente la para-

lasse, e la distanza del Sole, e se ne poterono distendere nuove tavole; e che si formò allora una nuova, e più giusta teorìa del Sole. Dalla meridiana di San Petronio imparò anche il Cassini una nuova dottrina su le rifrazioni. Ticone, e gli altri astronomi e fisici le credevano soltanto sensibili fino a' 45 gradi d'altezza, nè si curavano di calcolarle di più; ma il Cassini trovò che realmente si estendevano fino allo zenit, e riformò quindi le tavole, e la teorìa delle rifrazioni. Il veritierò suo oracolo non lasciò di rispondere fedelmente a tutti i suoi consulti, e gli scoprì in pochi giorni più verità, che non poterono ricavare in tanti secoli gli antichi da' più celebri lor oracoli: e la meridana di Bologna è stata più feconda d'interessanti scoperte, che tutte le altre meridiane, che si ritrovano per l'Europa. L'onore de' gnomoni sembra che sia stato proprio dell'Italia: i primi, i più grandi, i più utili, i più rinomati si trovano nell'Italia, e si devono agl'italiani. Prima dell'ornominato del Cassini fino dal secolo antecedente n'aveva nello stesso tempio di San Petronio eretto un altro, benchè imperfetto, Egnazio Dante, per mostrare quanto si fosse slontanato l'equinozio della primavera dal 21 di Marzo, e cooperare così alla grand'opera della correzione del calendario. Ma assai prima anche di quel del Dante fin dal precedente secolo, verso il 1468. n'eresse un altro nella chiesa cattedrale di Firenze Paolo Toscanella, il più antico, e il più grande che si conosca

in tutta l' Europa. Questo pregevolissimo monumento era rimasto per quasi tre secoli sconosciuto ed oscuro, finchè dopo la metà del presente venne scoperto, ristorato, e rimesso ad uso dal dotto matematico Ximenes, il quale vi ha fatte molte osservazioni solstiziali, e scoperte interessanti novità riguardo all' obbliquità dell' ecclittica, e ad altri punti dell' astronomia (a). Ma ritornando al Cassini, non contento di rischiarare co' suoi lumi le comete, il Sole, e le rifrazioni, percorse tutti i pianeti, e gl' illustrò con nuove scoperte. In Saturno scoprì l' Ugenio un satellite; il Cassini gliene trovò altri quattro, ed assegnò a tutti i cinque il loro posto, e la loro orbita; onde il primo scoperto dall' Ugenio non era che il quarto nell' ordine della posizione, e diede l' ultima mano al mondo di Saturno, che ancora dopo i lavori del Galileo, e dell' Ugenio era restato molto imperfetto. In Giove scoprì un moto di rotazione di tale velocità, che compisce tutto un giro in meno di dieci ore, ed un appiattamento a' suoi poli, che vi fa un diametro un quindicesimo minore che all' equatore. Ma la più grande, e più gloriosa sua scoperta fu quella de' piani delle orbite, de' loro angoli, e di tutti gli andamenti, di tutti i periodi, e di tutti i fenomeni de' satelliti di Giove, onde poterne calcolare le tavole, e formarne

---

(a) *Del gnomone fiorent.*; *Dissert. intorno alle Osserv. ec.*; *Osserv. solst. ec.*; *Mem. della Soc. Ital.* tom. II.

esat-

esatte effemeridi. Venticinque elementi, osserva il Fontenelle (a), o venticinque cognizioni, o determinazioni fondamentali entrano nelle tavole di que' nuovi astri. Qual vastità di genio, quale forza, e contenzione di spirito non ci volle a ritrovare tutti quegli elementi, tenerli sempre presenti tutti, unirli, ordinarli, metterli in opera, e formarne un edifizio sì bene architettato, sì fermo, e sodo, che possa reggere agli attenti e critici esami de' più diligenti astronomi? Così anche il mondo di Giove ebbe, come quel di Saturno, l' ultima sua mano dal gran Cassini, e poco v' è restato che fare di più agli astronomi posteriori. La scoperta della rotazione di Giove gli fece sperare di ritrovarla ugualmente in Marte. E infatti dopo replicate osservazioni e combinazioni la trovò tale, che si compisce in poco più di ventiquattr'ore. La somiglianza del fenomeno in Giove ed in Marte l' invitò anche a cercarlo in Venere; e lo trovò infatti, anzi rivestito di circostanze nel movimento delle macchie, che lo rendono singolare; sebbene non potè appagare la sua esattezza, e lasciò al Bianchini la gloria di dare una piena teorìa di quel pianeta. Non parlerò della scoperta del lume zodiacale, non della giusta teorìa della rotazione, e della librazione della Luna, non dell' ingegnoso metodo di determinare per tre osservazioni l' apogeo, l' eccentricità, e la disuguaglianza d' un pianeta;

(a) *Eloge de Mr. Cassini.*

non del modo di calcolare l' ecclissi del Sole per la projezione dell' ombra della Luna sul disco terrestre; non di mille altri suoi metodi, e di altri utili ritrovati, di cui è debitrice l' astronomìa al gran Cassini: non basterebbe un intiero tomo solamente per questo astronomo, se volessimo riferire distintamente tutte le sue invenzioni; e noi preghiamo d' indulgenza i nostri lettori, se contrastati dal nome di tanto astronomo, e dalla ristrettezza della nostra opera, ci siamo fermati nelle sue lodi meno del suo merito, e più del dovere del nostro istituto. Non possiamo nondimeno abbandonarlo ancora del tutto, e dovremo spesso richiamare la sua memoria nel riferire le lodi e le imprese degli altri astronomi. Infatti la celebre scoperta del Roemero sul moto progressivo del lume, non meno si dèe al Cassini, che allo stesso Roemero. Le continue osservazioni de' satelliti di Giove gli fecero vedere che dall' opposizione fino alla congiunzione di Giove e del Sole il primo satellite ritardava l' emersione dall' ombra del pianeta presso a minuti quattordici; ed egli, come dice il Montucla (a), propose subito in uno scritto che pubblicò, che „ questa disuguaglianza „ sembrava procedere dall' impiegare la luce „ qualche tempo nel venire dal satellite fino „ a noi “. Ma riflettendo poi che questo fenomeno s' osserva soltanto nel primo satellite di Giove, non negli altri, abbandonò l' idea

Roemero

(a) Part. IV, lib. VIII.

di cercarne la cagione nel moto temporaneo della luce, che dovrebbe essere comune a tutti. Abbracciolla però il Roemero, la confermò con più osservazioni, e con più precise determinazioni, la difese dalle contrarie opposizioni, ed ottenne la gloria di passare per inventore della scoperta del moto successivo, e temporale della luce, che ha poi prodotte altre fine scoperte astronomiche del Bradley. Il viaggio del Richer alla Caienna fu opera del Cassini, il quale volle con osservazioni fatte alla vicinanza dell' equatore avverare le sue teorie del Sole e delle rifrazioni: quindi ne' celebri risultati di quel viaggio, non sol su questi, ma su altri punti importanti, ebbe la sua, e non picciola parte il Cassini. La misura della Francia, ed anche di tutta la terra si dèe non meno al Cassini che al primo autore, il Picard: nella gran questione della figura della terra ebbe anche molta parte il Cassini, benchè non avesse la sorte di coglierne la verità; e in quasi tutte le grandi imprese, e gloriose scoperte dell' astronomia si vede scolpito con molt' onore il nome de gran Cassini. *Richer.* *Picard.*

Mentre il Cassini colle sue osservazioni e co' suoi calcoli illustrava tutte le parti dell' astronomia, il Newton colle fisiche, e meccaniche dimostrazioni dava un nuovo essere a tutto il corpo di quella scienza. Cartesio aveva vanamente tentato di spiegare co' suoi vortici i moti de' corpi celesti, e la costituzione dell' universo; il Newton coll' attrazione o gravitazione universale la dimostrò chiaramente. *Newton.*

Accennò il Keplero qua e là l' idea di quest' attrazione; ma non la seguì mai giustamente (a): l' Hook, astronomo inglese, che promosse l' ottica, come abbiamo detto (b), e che si fece nome nell' astronomìa per alcune sottili osservazioni, andò assai più oltre nella teorìa dell' attrazione universale. Conobbe la mutua attrazione de' corpi celesti, la conobbe più forte nelle maggiori vicinanze, e capace di produrre moti ellittici, e l' illustrò con alcune ingegnose, ed utili sperienze; ma non seppe farne un' adequata applicazione a' pianeti, non seppe determinare la ragione della forza dell' attrazione colle distanze, non seppe trovare la legge dell' attrazione, che obblighi un corpo a descrivere un' ellisse intorno ad un altro posto all' uno de' suoi fochi; e lasciò ad altro genio più vasto, più sublime, e meglio fornito degli ajuti della geometrìa lo spiegare l' arcano della natura, e mostrarci il secreto ordigno, che tiene in moto la gran macchina dell' universo. Questo genio era il Newton, a' cui penetranti sguardi niente v' era di nascosto, e secreto nelle operazioni della natura. Dal semplicissimo, e volgare fenomeno della caduta in terra de' corpi gravi s' innalzò egli ad immaginare la gravitazione universale di tutti i corpi, e fissarne le leggi, e a stabilire il regolamento di tutto il mondo. Al considerare, che i corpi gravitano non solo nella

(a) *Comment. in stell. Martis.*
(b) Cap. IX.

superficie terrestre, ma eziandio a qualunque altezza dell' atmosfera, pensò che potesse ugualmente la Luna gravitare verso la terra, i pianeti, e le comete verso il Sole, e i satelliti verso i lor pianeti. Pieno di quest' idea si mise a calcolare le distanze degli astri, e le rispettive loro velocità, e didusse quindi, che l' attrazione potesse seguire la ragione inversa de' quadrati delle distanze. Applicò questa legge al moto della Luna, e trovò realmente ch' essendo la Luna distante dalla terra 60 semidiametri di essa, il suo moto circolare corrispondeva ad una discesa perpendicolare di 15 piedi $\frac{1}{12}$ in un minuto, quale i corpi terrestri fanno in un secondo, ch' è dire, che la forza della sua gravità scema secondo il quadrato della distanza. Onde giustamente conchiuse, che la medesima gravità, che fa cadere i corpi terrestri, muove anche la Luna verso la terra. Fece l' applicazione della stessa legge dell' attrazione alla terra, ed a tutti gli altri pianeti riguardo al Sole, e la trovò in tutti uguale. Esaminò geometricamente quale figura dovrebbe descrivere un corpo mosso, ed attratto da un altro secondo questa legge, e la determinò per un' ellisse, e provò che in essa in tempi uguali sarebbero le aree uguali. Conchiuse dunque, che quest' è realmente la legge dell' attrazione di tutti i corpi, e che quest' attrazione è la forza, che fa girare tutti i corpi celesti in orbite ellittiche intorno ad un corpo maggior posto in uno de' fochi dell' ellisse. Come l' attrazione è universale, è mutua fra tutti i

corpi, e non solo la terra attrae la Luna, ma è anche attratta da questa; e se il Sole attrae i pianeti, questi mutuamente attraggono il Sole, e da questa universale, e mutua attrazione nascono ne' moti de' corpi celesti parecchie disuguaglianze, ed irregolarità. Il Sole, ch' è il centro comune di tutto il sistema solare, non è stabile ed immoto, ma attratto da' pianeti, e da ciascuno secondo la direzione, in cui si ritrova, soffre qualche movimento, benchè pochissimo, per la maggiorità della propria sua massa. La Luna gira intorno la terra, la Luna e la terra intorno al Sole; ma la Luna attratta dalla terra è anche attratta dal Sole, ed ella stessa attrae parimente la terra: onde nè la Luna può muoversi in un' orbita perfettamente ellittica, nè è il centro della terra, che dèe fare intorno al Sole l' ellissi, ma il centro comune del sistema di terra e Luna, il quale cambia continuamente secondo la diversa posizione della Luna. Quindi spiega il Newton le irregolarità, e disuguaglianze del moto della Luna, che tanto avevano dato da studiare inutilmente agli astronomi, quindi il movimento delle apsidi, e de' nodi della Luna e de' pianeti; quindi molt' altri oscuri, ed inintelligibili fenomeni, che sembravano prodotti dalla natura per istabilire, e confermare la teoria del Newton. Cogli stessi principj dell' attrazione misura questo gran genio la densità delle masse di Saturno, di Giove, e della Terra, che hanno i loro satelliti, e congettura ragionevolmente quella degli altri pianeti,

Cogli stessi abbracciò anche le comete, e tutto che cotanto profughe ed erranti le rinserrò entro al sistema solare, e le ridusse a compiere orbite anch' esse ellittiche, benchè tanto eccentriche, ed allungate, che si potessero prendere per paraboliche, e stabilì, e fissò la vera teorìa delle comete. Il Cassini col dichiarare corpi durevoli le comete, e i loro moti regolari e costanti gettò i fondamenti della cometografia: ma dando loro orbite circolari, che potevano nelle nostre vicinanze calcolarsi come linee diritte, restò ancor lontano dalla vera dottrina. Un diligente osservatore e valente astronomo, Vincenzo Mut, frequentemente citato con molta lode dal Riccioli, fu il primo, a mia notizia, che in un' opera pubblicata in Majorica nel 1666 desse ad una cometa una trajettoria incurvata in una direzione parabolica (a). L' Evelio, avendo in vista il moto de' projetti, diede alle comete un' orbita realmente parabolica, sì prossima alla linea diritta, che appena si discosta da essa uno, o due gradi. La cometa del 1680 apportò agli astronomi più giuste idee. Un tedesco, Doerfell, determinò la sua orbita per una parabola avente il Sole per foco, e attribuì una simile orbita a tutte le comete. Alcuni hanno voluto dare al Doerfell la gloria d'essere preceduto il Newton nella vera teorìa di quegli astri (b): ma qual differenza da una mera con-

(a) V. Pingrè *Comet* part. I, cap. VIII.
(b) *Acad. de Berlin*, tom. I.

gettura, ed anch' essa falsa, alla fondata, e vera dottrina del Newton? Nè il Mut, nè l' Evelio, nè il Doerfell non giunsero a cogliere il vero, al solo Newton siamo debitori della vera cognizione delle comete, e del loro corso. Considerandole il Newton, come il Cassini, corpi eterni, come i pianeti, e mossi con moti regolari, e costanti pensò giustamente, che potessero assoggettarsi alle stesse leggi, e seguire orbite ellittiche molto eccentriche, ed allungate. L' eccentricità di Mercurio è notabilmente maggiore di quella di Venere; perchè non potranno le comete avere un' eccentricità più, e più grande di quella di Mercurio? Ed applicando le leggi del moto de' pianeti a quello delle comete, le trovò ugualmente verificate negli uni, e nelle altre. Ma siccome l' ellisse estremamente allungata nella parte vicina ad uno de' fochi non è sensibilmente diversa d' una parte simile della parabola, e il calcolo della parabola è molto più facile di quello dell' ellissi, così il Nevvton propone di calcolare il moto delle comete, come se fossero l' orbite paraboliche. Infatti, calcolati dall' Allejo secondo il metodo del Nevvton i corsi delle comete, si sono trovati conformi alle osservazioni con tale esattezza, che non lascia luogo a dubitare della verità della teorìa. Questa non meno che ne' grandi fenomeni trionfa gloriosamente ne piccoli: l' attrazione, che tiene in moto i pianeti, i satelliti, e le comete, e da la legge ne' loro corsi a tutti i corpi celesti, spiega eziandio la figura sferoi-

dica

dica della terra, la precessione degli equinozi, il flusso e riflusso del mare, e i più piccioli ed oscuri accidenti di tutto il sistema del mondo; e la teorìa del Nevvton è la voce della natura, con cui ha voluto scoprire finalmente agli uomini tutti i suoi grandi, e piccioli arcani finor tenuti nascosti, ed insegnare le profonde verità della secreta sua politica nel governo de' cieli, e in tutto il regolamento dell' universo.

La patria del Nevvton doveva essere la sede dove riposasse a suo agio l' astronomìa. Infatti mentr' egli penetrava nelle regioni degli astri, e svolgeva le fisiche teorìe de' loro moti, e di tutti i loro fenomeni, e formava un' affatto nuova astronomìa, il Flamsteed, l' Allejo, e molti altri illustravano con nuove scoperte l' astronomìa, per così dire, matematica, mostravano ne' cieli nuovi fenomeni, e cooperavano allo stabilimento, ed alla conferma della teorìa del Nevvton. Il Flamsteed ha fissata la vera dottrina dell' equazione del tempo, su la quale avevano parlato sì variamente gli astronomi anteriori. Le infinite sue osservazioni d' ogni genere, ma singolarmente delle fisse, per rettificare i loro luoghi, e della Luna, per farne un' esatta teorìa ad uso della navigazione, esposte nella sua *Storia celeste britannica*, il catalogo delle fisse, che contiene i luoghi di 3000, quasi tutte osservate da lui, e il nuovo *Atlante celeste* formato su le sue osservazioni, che voleva egli pubblicare, e che dopo la sua morte fu pubblicato dall' *Flamsteed.*

Hodgson, sono veri tesori, di cui il Flamsteed ha arricchita l'astronomia. Più grandi, *Allejo.* e più varj sono i meriti dell'Allejo in questa scienza, il quale fino da' primi suoi anni può dirsi conquistatore d'un nuovo cielo Gli astronomi non avevano potuto osservare che l'emisfero settentrionale, le stelle del meridionale restavano sconosciute per loro. L'Allejo, trasportato dallo zelo astronomico, varcò i mari, e con immense fatiche si portò all'isola di sant'Elena, donde ci diede a conoscere le stelle di quell'emisfero, e presentò agli occhi degli europei un nuovo cielo. Quivi gli toccò la sorte altresì d'uno spettacolo, di cui non poterono godere gli astronomi europei. Molti di questi videro nel 1677 Mercurio avanti il Sole; ma osservarlo fin dal principio del suo ingresso, seguirlo in tutto il passaggio, e accompagnarlo fino all'uscita dal disco solare, non è stato accordato che al solo Allejo; e questi seppe ricavarne un buon frutto proponendo un metodo di meglio determinare col mezzo di tale passaggio la paralasse del Sole. Il principale studio dell'Allejo è stato su la Luna e su le comete, e le sue speculazioni furono una validissima conferma delle teorie del Nevvton. La scoperta della maggiore velocità della Luna nell'afelio che nel perielio della terra gli fece aggiungere al calcolo del luogo della Luna un nuovo elemento, quello cioè della distanza della terra dal Sole. Il celebre suo *Saros*, o per dir meglio il *Saros* de' caldei, o il periodo, che in 18 anni e pochi

giorni rimette la Luna nello stesso punto della sua orbita, e nello stesso aspetto riguardo al Sole e alla terra, gli fece rettificare la teorìa della Luna, e gli suggerì tavole del suo corso assai più esatte di quante sin allora erano comparse, e ch' egli credè sufficienti per l' uso della marina, e per la sicurezza della navigazione, e per trovare la tanto ricercata longitudine in mare. Ma le sue speculazioni su le comete gli hanno data la maggiore celebrità; ed esse sono il vero trionfo del sistema nevvtoniano. Egli applicò il metodo del Nevvton di calcolare per tre osservazioni date il corso delle comete, e lo trovò pienamente esatto, e propose tavole pe' luoghi delle comete, come facevano gli astronomi per quelli de' pianeti. Calcolò 24 comete, ne determinò le loro medie distanze dal Sole, e fissò la grandezza, e tutte le dimensioni dell' ellissi, ch' esse percorrono. Egli ebbe il coraggio di calcolare distintamente il corso di 24 comete, e trovò i calcoli conformi alle osservazioni. Quindi fissò le loro orbite, determinò i tempi periodici, e trovò, che alcune di quelle 24 non erano che la medesima ritornata più volte, ed avverò co' fatti ciò che il Cassini in forza solo d' alcune riflessioni, e del suo genio astronomico aveva creduto, che le comete sono corpi durevoli, e che dopo certi periodi compariscano nel medesimo sito. Si fece anche più ardito, e passò a predire il ritorno della cometa comparsa nel 1682 pel 1758, o 1759, come comparve infatti, e venne come

a trionfo del sistema nevvtoniano. A questi meriti astronomici dell' Allejo deono aggiungersi le sue *tavole*, le più perfette, che fin allora si fossero pubblicate, molti suoi metodi, molte nuove e singolari osservazioni, molte dotte opere, e lodevoli lavori, con cui nuovo lustro, e molti vantaggi ha recati all' astronomia. Successore del Flamsteed, e dell' Allejo, e non men benemerito dell' astronomia fu il Bradlei: l' aberrazione delle fisse, e la nutazione dell' asse della terra sono due sue scoperte, che hanno in qualche modo fatto cambiare d' aspetto quella scienza. Tutti i copernicani hanno ricercata la paralasse delle fisse in diversi tempi dell' anno, quando la terra era ne' punti della sua orbita più vicini a quelle stelle. Hook, e Flamsteed crederono d' averla trovata. Roemero, Horrebow, Jacopo Cassini, e qualch' altro ebbero parimente qualche lusinga d' avere fatta tale scoperta. Ma fu vana la loro credenza, e si scoprì tosto l' origine del loro abbagliamento. Il Molineux volle cercarla con uno stromento superiore agli usati dagli astronomi anteriori, e adoperò un sestante di 24 piedi di raggio, lavorato dal diligentissimo Graham. Si associò nelle osservazioni il giovine Bradlei, e tutti due trovarono differenze nelle fisse, che non potevano attribuirsi ad alcun errore d' osservazione, ma che nemmen combinavano coll' annua paralasse. Queste differenze meritarono d' essere esaminate: ma il Molineux non potè seguitare le osservazioni, e abbandonò al solo Bradlei

Bradlei.

utta la gloria della scoperta. Per tre anni enne dietro il Bradlei alle osservate differene delle stelle; e trovatele sempre costantenente le stesse, potè giustamente determinae, che il moto di quelle stelle si faceva in n' orbita ellittica di 40, o 41 secondi. Non ontento della scoperta di questo fenomeno si iede a cercarne la cagione fisica, e trovò non ssere reale quel moto, ma soltanto apparene, nato dal moto progressivo della luce combinato col moto annuo della terra. Imperciocchè impiegando la luce 16 minuti a trascorrere il diametro dell' orbita della terra, come limostrò Roemero, ed abbiamo di sopra accennato, quando la terra è alla parte della sua rbita lontana dalle stelle, non può il lume di queste giungere all' occhio dello spettatore, se non che 16 minuti più tardi che quando la erra era nell' altra parte vicina, e come in que' 16 minuti la terra seguita a moversi, non viene più il lume fino all' occhio sotto la stessa linea, ma va formando varj angoli secondo e diverse situazioni, in cui si trova la terra, e però l' occhio dell' osservatore; onde nasce n tutto il corso dell' anno quel picciolo circoletto ellittico di 40 secondi. Questa spiegazione, assai per sè stessa verisimile, fu poi confermata con tante osservazioni, che divenne dimostrazione; e l' aberrazione delle fisse determinata dal Bradlei è un principio della moderna astronomia, col quale abbisogna correggere le anteriori osservazioni per ridurle alla richiesta esattezza. Questa prima scoperta

gliene produsse una seconda; osservò nelle stelle, che sono presso i coluri solstiziali, un piccolo moto particolare, pel quale ogni anno s'innalzavano costantemente verso il polo settentrionale. Bisognava dunque, che si movessero o le stelle verso il polo, o il polo verso le stelle; e questo secondo gli parve più facile, e più naturale. Dopo le osservazioni di varj anni trovò, che quel moto apparente delle stelle aveva un periodo di 18 anni, che proveniva da una reale nutazione dell'asse della terra, prodotta dall'azione della Luna, e dipendente dalla rivoluzione de' suoi nodi, e determinò la quantità di detta nutazione a 18 secondi. Queste due scoperte del Bradlei misero il colmo alla finezza della moderna astronomìa, ed oltre che servirono di conferma al sistema copernicano, alla scoperta del Roemero della successiva propagazione del lume, ed alla sublime teorìa del Nevvton della mutua, ed universale attrazione de' corpi celesti, furono una sicura, e fedele scorta a tutti gli astronomi per correggere le anteriori osservazioni, e per regolare con giustezza, ed accertatezza le loro operazioni.

Astronomi francesi. Mentre l'Inghilterra con tanti valenti astronomi voleva impadronirsi pienamente de' cieli non trascurava la Francia di farvi eziandio le sue conquiste. Non solo i soprannominati Picard, Auzout, e Richer giovarono molto all' astronomìa pratica ed alla teorica co' loro viaggi, colle loro scoperte, e colle loro invenzioni, ma vi fiorirono anche con sommo vantag-

gio di quella scienza il la Hire, conosciuto particolarmente per le sue tavole, e per alcuni miglioramenti recati alla pratica; il Louville, celebre per varj lavori astronomici, ma singolarmente per la scoperta della diminuzione dell'obbliquità dell'ecclittica, che tanto ha dato da studiare agli astronomi posteriori; Giacomo Cassini, degno figliuolo del gran Domenico, e l'italiano Maraldi, nipote del medesimo, benemeriti amendue dell'astronomia per molte loro scoperte, e per la verificazione delle altrui, e per tanti importanti servigj, che costantemente le hanno prestati; e molt'altri rinomati astronomi. Intanto nell'Italia il Bianchini, il Manfredi, e qualch'altro conservavano alla lor patria l'illustre nome, che le avevano acquistato ne' fasti astronomici il Galileo e il Cassini. Fiorivano particolarmente nella Germania il Zumbach, il Segner, il Kirch e parecchj altri, singolarmente il Mayer, che poteva valere per molti. Ma la Francia ci presentà prima della metà di questo secolo la più grand' impresa, che siasi mai immaginata in ossequio dell'astronomia. Il Richer, mandato dall'accademia per alcune osservazioni astronomiche alla Caienna vicina all'equatore, dovè raccorciare il suo pendolo, perchè seguasse il tempo dovutamente, e questo fenomeno fece ragionevolmente pensare, che la gravità fosse minore all'equatore che a Parigi, e che la terra si sollevasse alquanto da quella parte. L'Ugenio colla teorìa della forza centrifuga determinò, che il moto diurno della terra do-

La Hire. Louville. Giacomo Cassini, e Maraldi. Italiani. Tedeschi. Misura della terra. Richer.

vesse produrre all' equatore rispetto a' poli un innalzamento di $\frac{1}{378}$. Il Nevvton colla legge dell' attrazione lo fissò assai maggiore, cioè di $\frac{1}{230}$. Ma il Cassini, che s' affidava più a' fatti, ed a' risultati delle osservazioni, che a' calcoli, ed alle mere speculazioni, avendo presa la misura di sette gradi del meridiano della Francia, e trovando, che i gradi crescevano di lunghezza quanto più s' accostavano all' equatore, conchiudeva all' opposto, che la terra s' innalzasse verso i poli, non verso l' equatore. Non dirò i molti scritti dottissimi, con cui Giacomo Cassini (*a*), il Mairan (*b*), il Desaguliers (*c*), e parecchi altri agitarono per l' uno e per l' altro verso la materia. Ma dirò solo, che per decidere la questione proposero il Godin, ed il Condamine di misurare un grado dell' equatore, perchè essendo quello nella maggiore lontananza da' misurati nella Francia, avrebbe mostrata più chiaramente la differenza, e si sarebbe manifestato verso qual parte si facesse l'innalzamento. Propose poco di poi il Maupertuis di fare parimente altra simile spedizione verso il circolo polare, per misurare altro grado nella maggiore lontananza possibile dall' equatore, onde più notabile riescisse la differenza de' gradi. Si eseguirono infatti amendue per lo zelo astronomico degli accademici, e per la regia generosità di Luigi XV, concor-

(*a*) *Grand. et fig. della Terre*.
(*b*) *Mèm. Ac. de Sc.* 1720.
(*c*) *Philos. trans.* 1725.

ren-

rendo anche alla prima il re di Spagna, e due matematici spagnuoli, Juan, ed Ulloa, e alla seconda il re di Svezia, ed il Celsio, dotto astronomo di quella nazione; e si ottenne per frutto di queste spedizioni un' incontrastabile decisione d' un qualche appianamento della terra verso i poli, ed innalzamento all' equatore. Bisognava dunque supporre qualche errore nelle misure di Francia, principalmente in quella del Picard, ch' era stata la base di tutte le altre. Infatti i miglioramenti introdotti negl' istrumenti, e le correzioni da farsi dietro alle due scoperte del Bradlei, facevano sperare, che replicandosi colla dovuta esattezza le osservazioni si venisse a scoprire l' errore della misura del Picard. Cassini Thury, figliuolo di Giacomo, e nipote di Domenico Cassini, e l' accuratissimo astronomo la Caille replicarono le osservazioni, e le misure, sì celeste, che terrestre, fatte dal Picard, e vi trovarono un errore di pressochè sei tese nell' operazione geodesica, e di 123 nell' astronomica. Sarebbe opera infinita il volere distintamente descrivere le viste, le diligenze, le operazioni, le determinazioni di quelle misure, e le molt' altre misure simili, che intrapresero il Boscovich, e il Beccaria nell' Italia, il Liesganig nell' Ungheria, e nella Germania, l' ora nominato la Caille nel Capo di Buona-Speranza, ed il Mason, e il Dixon nell' America settentrionale. Si misurarono gradi dell' emisfero australe, e del settentrionale; si misurarono sotto diverse, e sotto le medesime altezze di polo; si misu-

varono in latitudine, ed in longitudine; si confrontarono le misure de' gradi cogli accorciamenti de' pendoli; si ottennero molte cognizioni astronomiche, e fisiche; s' illustrò la dottrina dell'attrazione, e de' pendoli; si trovarono miglioramenti nell' arte d' osservare; e si scoprirono in varie materie molte utili verità; ma, ciò ch'è stato l' oggetto di tante imprese, la vera, precisa, e giusta figura della terra non si è potuto decidere: si è veduto bensì, che la terra è appianata verso i poli, e innalzata all'equatore; ma non si sa quale legge segua assolutamente quest'innalzamento, nè si è potuto formare con tante fatiche, e con tante spese una più esatta teoria di quella, che diede il Newton. Il maggior frutto di tante strepitose spedizioni sono state le profonde, e dottissime opere, a cui hanno data occasione. Lascio le molte storie, relazioni, descrizioni, e giornali di que' viaggi, in tutti i quali si imparano molte cognizioni curiose, ed interessanti; le ricerche, dissertazioni, ed opere su la figura della terra del Bouguer, del Clairaut, dell'Eulero, dell'Alembert, del Boscovich, del Frisio, d' altri, ed anche più recentemente della Place, spandano tante ricchezze d' algebra, di geometria, di meccanica, e d' idrostatica, che compensano abbondantemente tutte le spese, e fatiche cagionate da quella dotta, e lodevole curiosità.

Miglioramenti dell' a

Non fu l' impresa della determinazione della figura della terra il solo merito dell' accademia di Parigi nell' avanzamento dell' astronomia de'

stronomia fisica.

nostri dì. I premj, che propose per le più ardue, e sublimi questioni della fisica astronomìa, l'hanno portata a quel grado, in cui or la vediamo di geometrica precisione. L'astronomìa ricevè dalle mani del Newton una nuova forma, e divenne un ramo della fisica, o per dir meglio una parte della dinamica. Tutti i fenomeni astronomici, che prima solo si riguardavano in sè stessi senza riferirsi alle loro cagioni, ora sono diligentemente applicati alle forze lor produttrici; e confrontati distintamente in tutte le menome loro parti, nè lasciansi di mano se non dopo d'essersi trovati tutti i piccioli, e quasi insensibili accidenti rigorosamente coerenti colle forze, che li producono: le spiegazioni de' diversi fenomeni, che si conoscono, non sono che altrettanti problemi della meccanica; e tutti i più sublimi punti della moderna astronomìa si riducono a semplici corollarj della grand'opera de' *Principj* del Newton. Quindi le irregolarità del moto della Luna, che hanno sempre affaticato inutilmente gli astronomi, sono ora state confrontate colle forze della mutua attrazione del Sole, della Terra, e della Luna, e ridotte al famoso problema de' tre corpi, vengono calcolate con tale approssimazione alla verità, che sembra difficile, senza l'invenzione di nuovi mezzi, co' soli ajuti, che abbiamo presentemente, il poterne ottenere una maggiore. Celebri sono in questa parte i lavori del Clairaut, dell'Alembert, e dell'Eulero: i calcoli di questi tre valentissimi calcolatori, non potevano dappri-

Irregolarità de' moti della Luna.

ma applicarsi a' moti richiesti della *Luna*; onde sembravano portare una mortale ferita al principio dell' attrazione. Ma esaminati poscia più attentamente gli elementi da introdursi in que' calcoli, e scoperta l' origine dell' errore, si riformarono i calcoli, e riuscì la teorìa conforme all' osservazione. Il Clairaut fece tavole della Luna, che sono state riconosciute dagli astronomi posteriori come della maggiore esattezza. E il Mayer, diretto da' lumi di que' geometri, principalmente dell' Eulero, e dalle sue e dalle altrui osservazioni astronomiche, recò tale perfezione alle sue tavole, che si meritarono il premio degl' Inglesi dal tribunale delle longitudini. L' Eulero ripigliò di nuovo posteriormente le speculazioni su la meccanica della Luna, e portò più oltre la sua teorìa, determinando con essa soltanto ciò che il Clairaut aveva supplito coll' ajuto d' alcune correzioni. Contemporaneamente alle ultime ricerche dell' Eulero faceva anche le sue colla solita diligenza, e sottigliezza il la Grange, ed entrò a parte coll' Eulero non solo nel premio accademico (*a*), ma altresì nella gloria d' avere data l' ultima mano alla complicata teorìa del moto della Luna. Il la Grange in oltre aveva acquistato altro premio della medesima accademia (*b*) colle dotte sue ricerche su la figura allungata della Luna, e su la rotazione, e su gli altri fenomeni, che ne derivano, su cui gli astronomi, ed i geometri avevano mol-

(*a*) *Ac. des Sç. de Paris* 1771. (*b*) 1764.

to studiato. Que' tre illustri geometri, ed i loro compagni, e successori nell' impero geometrico, la Grange, e la Place, che per tutte le parti delle matematiche hanno voluto portare in trionfo l' analisi, si sono preso il maggiore impegno per farla comparire gloriosa anche nel gran teatro dell' astronomia. Il problema de' tre corpi s' era applicato principalmente alla Luna, perchè la cognizione delle disuguaglianze di questa era più interessante agli usi della società; ma tutti gli altri pianeti soffrono le loro irregolarità, nate parimente dalla mutua attrazione di tre, o più corpi. In Giove, e in Saturno si rendono queste più sensibili; e l' Eulero ha applicato ad esse i suoi calcoli, e le ha saputo determinare con un' esattezza, che il Mayer l' ha trovata pienamente conforme alle osservazioni. La terra attratta bensì principalmente dal Sole, ma che sente anche l' attrazione di Giove, di Venere, e della Luna stessa, dèe soggiacere a parecchie disuguaglianze nel suo moto. Le determinò infatti con un metodo applicabile agli altri pianeti l'Eulero, la determinò eziandio con altro metodo suo il Clairaut, e vi sono riusciti amendue colla desiderata felicità. Ma più recentemente il la Grange ha voluto da sè trattare con tutta la profondità degna di lui la teoria delle variazioni periodiche de' moti de' pianeti; ha rettificati i metodi ordinarj d' approssimazione per l' integrazione dell' equazioni di tali moti, e ci ha data un' assai piena teorìa di

Di Giove, e di Saturno.

Della Terra.

Irregolarità secolari de' Pianeti. simili variazioni (*a*). Gli astronomi credevano di trovare delle irregolarità secolari ne' moti medj de' pianeti, nè sapevano i geometri rinvenirne nell' attrazione una sufficiente cagione. Il la Place esaminando più attentamente la teorìa di Giove e di Saturno, mette almeno in dubbio quelle equazioni secolari, e crede poter attribuire l' irregolarità de' lor movimenti a due disuguaglianze, che hanno un periodo di circa 919 anni (*b*). Bella fu la scoperta dell' Allejo del ritorno della cometa dell' anno 1682 nel 1758, o 1759; lo stesso suo dubbio del preciso tempo del ritorno, e la cognizione della difficoltà di determinarlo fa sommo onore alla sottigliezza del suo ingegno. Il Clairaut, ajutato da lumi della moderna geometrìa, ne intraprese una più ristretta determinazione; calcolò l' azione non solo del Sole, ma di Giove, e di Saturno, che doveva esercitarsi su la cometa; e modestamente predisse con qualche esitazione il perielio di questa pel mese d' aprile del 1759, che seguì alla metà di marzo (*c*). Qualche attrazione di Marte, e della Terra non curata nel calcolo, qualche picciolo errore in calcoli così complicati, e sottili, produssero quel divario di pochi giorni, ch' egli stesso seppe poscia quasi intieramente correggere: ma sarà sempre immortale lode del metodo del Clairaut, e glorioso trionfo della teorìa del Newton l' avere potuto giunge-

Ritorno delle Comete.

(*a*) *Ac. de Berl.* tom. XXXIX. e XL.
(*b*) *Ac. des Sc.* 1772, e al. (*c*) *Theorie des cometes.*

re a tale esattezza L' Alembert, e l' Eulerò non vollero restare inferiori al Clairaut, e fecero l' applicazione de' loro metodi al corso delle comete, onde ricevè sempre maggiori lumi quella materia; i quali molto più s' accrebbero anche posteriormente al trattarla di nuovo il la Grange nella dissertazione, che riportò il premio dell' accademia di Parigi (*a*). Newton per uno sforzo del suo genio giunse a determinare, che la precessione degli equinozj non è che un picciolo movimento della terra di 50 secondi all' anno, prodotto dall' attrazione del Sole per 10″, e della Luna per 40″ su l' equatore della Terra, siccome alquanto più prominente che il resto del globo; ma non potè dimostrarlo, nè potè pur fondare la sua determinazione che in ipotesi poco esatte. L' Alembert in tempi più illuminati venne in ajuto del Newton, e sottomettendo il problema alle leggi della dinamica, calcolando esattissimamente le forze del Sole e della Luna per movere ciascuna delle particelle del globo terrestre, diede una rigorosa dimostrazione della verità troppo vagamente asserita dal Newton. La nutazione dell' asse terrestre, altro fenomeno, come abbiamo detto, scoperto dal Bradlei, e da lui attribuito all' azione della Luna, fu anche assoggettata dall' Alembert a severi calcoli, e ridotta ad esattissima dimostrazione (*b*); e Newton, e l' attrazione si portavano in trionfo su

Precessione degli equinozj.

Nutazione dell' asse della terra.

(*a*) *Ac. des Sc.* 1780. (*b*) *Recherch. sur la Precess. des Equin. et sur la Nut. ec.*

Flusso, e riflusso del mare tutti i punti del sistema del mondo. Il flusso e riflusso del mare era stato già dal Newton sottoposto al principio della gravitazione universale; ma questi dava troppa forza sopra le acque alla Luna, nè aveva ben ponderate tutte le circostanze del fenomeno. L'accademia di Parigi propose pel premio questo problema, e il Maclaurin, Daniele Bernoulli, e l'Eulero rettificarono i calcoli del Newton, seguirono minutamente gli effetti del Sole e della Luna su l'acqua del mare, levarono le contrarie difficoltà, e ci diedero sciolto il problema. Ha nondimeno voluto più recentemente riassumerlo il la Place (a), e vi ha spiegati alcuni fenomeni, che non erano stati curati, ed ha trovata nel flusso e riflusso del mare qualche relazione colla precessione degli equinozj, e colla nutazione dell'asse terrestre. Il la Grange ha anche esaminati colla stessa diligenza i satelliti di Giove, e formatane una teorìa intieramente nuova portando la legge nevvtoniana in quest' impero particolare, dove tutto si regola come nel grand' impero del Sole. Il la Place, il Condorcet, il Frisio, il Lambert, il Cousin, ed altri parecchi geometri hanno nobilitati i loro calcoli col farli dominare le stelle; e l'astronomia coll'opera del Nevvton, e dei più nobili geometri di questo secolo suoi seguaci ha presa una nuova forma, ed è diventata una nuova scienza.

(a) *Ac. des Sc.* 1776.

Non

Non trascuravasi intanto quella astronomia, che sola prima d'allor conoscevasi, quella cioè che osserva i cieli, esamina i fenomeni; e senza entrare nelle fisiche cagioni trova metodi di calcolarli, e li fissa, e determina con giustezza, e precisione. Una grande spedizione, non meno strepitosa, e non più utile di quella della misura della terra, s'è eseguita a questo fine dopo la metà del presente secolo: La giusta cognizione della paralasse del Sole è la base della maggior parte delle astronomiche osservazioni; e per ben determinare questa paralasse è molto conveniente l' osservare il passaggio di Venere sul disco solare. Questi passaggi non sono molto frequenti; ma appunto a' nostri dì, quando bolliva il fervore delle grandi imprese astronomiche, ne sono accaduti due, uno nel 1761, l'altro nel 1769: onde tutti gli astronomi, e tutte le accademie, principalmente quella di Parigi, erano in agitazione per profittare opportunamente di questa rara fortuna, e per recare al maggiore vantaggio possibile dell' astronomia una sì favorevole congiuntura. L'accademia di Parigi mandò alle coste di Coromandel il Gentil, all' isola di Rodrigo il Pingrè, e il Chappe alla Siberia, a richiesta, ed a spese dell' accademia di Pietroburgo, la quale spedì anche altri osservatori su' confini della Tartarìa, e della Cina. La R. Società di Londra mandò il Maskeline a Sant' Elena, ed all' India il Mason. Altri ne spedì alla Lapponia, ed al Nord l' accademia di Stokolmo; altri il re di Danimarca in Nor-

Osservazioni del passaggio di Venere sul disco solare.

vegia. Per tutto il resto dell' Europa erano affannati i principali astronomi per eseguire colla maggior esattezza possibile la sospirata osservazione. Ma non appaga i desiderj degli astronomi una sì strepitosa, e dispendiosa operazione. Alcuni osservatori non poterono giungere al loro destino; altri per estrinseche circostanze furono impediti dall'osservare il fenomeno; e gli stessi, che l'osservarono a loro agio, discrepavano tanto ne' risultati, che niente potè ragionevolmente decidersi delle loro determinazioni. Più fortunata fu l'altra spedizione del 1769 (a). I risultati delle osservazioni furono assai più convenienti fra loro; e l'osservazione stessa dell' Hell nella Norvegia, che parve al de la Lande, che si discostasse alquanto dall'altre, fu approvata dal Pingrè (b) come la più compiuta, e coerente colle più esatte dell' Europa; e la paralasse del Sole fu fissata fra 8″ ½ e 9″ pochissimo meno di quello, che l'aveva determinata il gran Cassini, cioè di 9″. Così le due più strepitose imprese dell'astronomia non hanno potuto scoprire di più che ciò, che avevano trovato ne' loro gabinetti il Cassini, ed il Newton.

Bouguer. Molti sono stati in questi tempi gli astronomi, che si sono meritata particolare celebrità. Il Bouguer oltre avere giovato all' astronomia col suo metodo per mostrare la via delle comete, oltre aver dati molti lumi acquistati

(a) V. de la Lande *Astronomie* liv. XI.
(b) *Acad. des Sc.* 1779.

nel suo viaggio all' Equatore per meglio conoscere le disuguaglianze delle rifrazioni tanto interessanti per le osservazioni astronomiche, oltre aver avuta tanta parte nella misura della Terra, si è fatto un più durevole nome per l' invenzione dell' eliometro ad uso della pratica astronomìa. Principe degli astronomi de' nostri dì può dirsi il la Caille, la cui diligenza, attenzione, esattezza, e riservatezza possono prendersi a modello dagli studiosi di quella scienza. Egli fece all' astronomia il prezioso dono delle più giuste, ed esatte tavole del Sole, che si sieno ancora fatte, e che possano sperarsi dagli ajuti, che abbiamo presentemente. Intraprese un viaggio fino al Capo di Buona-Speranza, e conquistò all' astronomìa tutto un emisfero, facendola padrona di dieci mila stelle meridionali, che prima non conosceva. Da lui ha ricevuto la dottrina delle rifrazioni il suo maggiore rischiarimento: e caldo, e freddo, e peso dell' aria, e diversa temperatura dell' atmosfera, tutto ha egli avuto in vista per fissare regole, formare tavole, e darci la più esatta dottrina su le astronomiche rifrazioni. La paralasse della Luna, la misura della terra, e mille osservazioni, e mille ricerche in ogni parte dell' astronomìa renderanno eternamente caro agli astronomi il nome del la Caille. L' astronomìa ha perduto recentemente nel Boscovich un dottissimo illustratore, e zelantissimo promotore. A lui può dirsi, che dèe l' Italia l' ardore, con cui or coltiva questa sublime scienza. L' astronomìa pra-

La Caille.

Boscovich.

tica, e la teorica hanno da lui ricevuti non piccioli avanzamenti. Oltre alcune invenzioni ottiche da noi sopra accennate, molto interessanti per la pratica dell' astronomìa; gli eccellenti metodi da lui proposti per rettificare gli stromenti, per collocarli opportunamente, e per correggere gli errori, che sieno incorsi nelle osservazioni, e tanti bei lumi, che pel maneggio degl' istromenti, e per l' uso d' osservare ci dà egli in varie sue opere (a), sono le leggi, che deono seguire gli astronomi per osservare le stelle con accertatezza, e verità. La teorìa delle rifrazioni, la dottrina su l' apparizione e disparizione dell' anello di Saturno, il suo metodo per le comete, ed anche pe' pianeti, singolarmente per l' Herschel, e mille altre sue speculazioni celesti mostrano il Boscovich per un genio sublime, avvezzo a vivere cogli astri, e degno d' entrare ne' loro secreti. Vivono ancora presentemente a maggiore splendore dell' astronomìa il Maskeline, diligentissimo osservatore, e successore diligentissimo del Fiamsteed, dell' Allejo, e del Bradlei: il Monnier, che a tutte le parti dell' astronomìa ha portati i suoi sguardi, ed oltre varie dotte memorie ci ha dati i lumi di moltissime osservazioni nella sua *Storia celeste*; il Pingrè benemerito particolarmente delle comete, che tanto ha illustrato nella sua *Cometografìa*; il Gentil rinomato astronomo per le sue fatiche intorno alla teorìa di Giove, e ad altri punti

Masheline. *Monnier* *Pingrè.* *Gentil.*

(a) *De litter. expedit.* ec.

astronomici, ma celebre particolarmente per le notizie dateci dell'astronomìa degl' indiani; il Sejour valente calcolatore, ed osservatore, che ha saputo trovare cose nuove ed interessanti nell' ecclissi, nelle comete, nell' anello di Saturno, e in altri punti, ed ha trattato, e trattata copiosamente de' moti apparenti de' corpi celesti; il Jeaurat, il Mechain, lo Slop, il Cesaris, il Reggio, l' Oriani, il Bernoulli, ed altri moltissimi, che meriteranno da' posteri più lunghi, e distinti elogi. Noi in mezzo alla folla delle materie accennate, e dopo la lunghezza di questo capo, non possiamo tralasciar nondimeno senza particolare rimembranza due famosi astronomi, il de la Lande, e il Bailly. L' amore dell' astronomìa, e lo zelo pel suo avanzamento hanno impegnato il de la Lande in ogni sorta di ricerche, e di studj per recare maggiore illustramento, ed onore alla diletta sua scienza. Osservazioni continue su tutti gli astri, e su ogni punto controverso di essi, piccioli scritti ad uso del pubblico per rendere più universale l' amore dell' astronomìa, laboriosi calcoli, e libri periodici per facilitare agli astronomi le loro speculazioni, dotte memorie proposte alle accademie per avanzamento dell' astronomìa pratica e della teorica, proprie fatiche, eccitamenti, ed ajuti per l' altrui, progetti, impegni, scritti, fatti, discorsi, tutto ha egli gloriosamente impiegato pel vantaggio dell' astronomìa. La sua grand' opera è un corso completo di quella scienza, dove si trovano uniti, e dottamente spiegati tutti i metodi de-

Sejour.

Altri astronomi.

De la Lande.

gli astronomi, sì per la teorica, che per la pratica, non senza proporre anche frequentemente alcuni suoi miglioramenti, e si vede trattata a fondo tutta quanta l'astronomìa; onde può dirsi giustamente il moderno *Almagesto*, tanto più ampio, e grandioso di que' del Riccioli, e di Tolommeo, quanto più vasta, e sublime è diventata a' nostri dì questa scienza, che non era a' secoli di quegli scrittori.

Bailly. Il Bailly sarebbe più celebrato come valente geometra, e sublime astronomo, se lo splendore della singolare sua eloquenza non avesse in qualche modo ecclissati i suoi meriti nelle scienze. A lui dèe l'astronomìa una delle più accurate teorìe de' satelliti di Giove, che si sieno finora vedute, e molte dotte memorie sopra altri punti, dove campeggiano le più profonde cognizioni geometriche, ed astronomiche; ma il principale suo merito verso quella scienza è l'eloquente, erudita, e profonda storia, in cui tutti i suoi progressi, e tutte le sue vicende energicamente descrive, racconta con fedeltà, ed accuratezza le sue imprese, spiega con chiarezza, e profondità le scoperte, rappresenta con vivaci colori nel naturale loro aspetto i principali suoi campioni, e ci forma dell'astronomìa un quadro più elegante e grazioso, più vivo, ed animato di quanto potesse sperarsi da' fini e sicuri pennelli de' Raffaelli, e de' Poussini; egli ispira amore all'astronomìa, e venerazione a' suoi professori, istruisce dilettevolmente i lettori su le materie, che tratta; e si mostra in tutto profondo astro-

uomo, e sovrano ed impareggiabile scrittore.

A tutti questi astronomi, che possiamo dire calcolatori, d'uopo è aggiungerne due, istancabili osservatori, i quali non hanno giovato meno all' astronomìa co' cannocchiali, e colle osservazioni, che gli altri colla penna, e co' calcoli. Sono ormai pressochè venti le comete, che ha scoperte il Messier, e di pressochè venti corpi celesti ha arricchito il sistema solare, ed ampliato pertanto il dominio dell' astronomìa. Comete vedute da altri, o da lui scoperte, movimenti de' pianeti e de' satelliti, ecclissi del Sole, della Luna, e de' satelliti di Giove, novità reali, o apparenti nelle stelle fisse, e tutto quanto accade ne' cieli, tutto è osservato da lui con diligente attenzione, e registrato ne' suoi manoscritti ad uso, e profitto dell' astronomìa. Scoperte più strepitose, e più grandiosi vantaggi ha recato all' astronomìa il celebre Herschel. Nuovi occhi ha dati agli astronomi, onde poter vedere negli interminabili spazj celesti assai più addentro che finor non si era veduto; ha presentato a' loro sguardi lo spettacolo di nuovi cieli, ed ha fatto in pochi giorni cambiare d'aspetto l' astronomìa. Migliaja di stelle fisse vedute per la prima volta negl' immensi campi de' cieli, che fanno ascendere a molti milioni il numero delle stelle, infiniti ammassi di stelle nella via lattea, e nelle *nebulose* già conosciute, più di mille nuove nebulose, alcune delle quali d'una specie singolare, dette da lui *planetarie*, moltissime stelle trovate doppie, movimenti sco-

Messier.

perti nelle stelle, e forse anche nel Sole, e in tutto il sistema solare, volcani, ed altre novità nella Luna sono presenti che ha fatti

Herschel. agli astronomi l' Herschel coll' ajuto de' suoi cannocchiali. Ma la più notabile, ed interessante sua scoperta è stata quella del nuovo pianeta conosciuto sotto i nomi d' *Herschel*, e d' *Urano*, la quale ha dato tosto agli astronomi argomento di molte speculazioni, e potrà forse col tempo recare gran cambiamenti nelle astronomiche calcolazioni. La creduta stella nuova veduta dal Flamsteed nel *toro* nel 1690, e dal Mayer ne' *pesci* nel 1756, si è trovata non esser altro che questo nuovo pianeta (*a*); e questo può far pensare che forse tutte le altre finora credute stelle nuove, di cui abbiamo sopra parlato, o molte almeno di loro saranno anch' esse nuovi pianeti, che sempre più ingrandiranno il nostro sistema solare, e daranno agli astronomi materia di nuove osservazioni, e di nuovi calcoli. Da' cannocchiali dell' Herschel, e dal miglioramento dell' ottica, e dalla pratica astronomìa piucchè da' calcoli de' geometri, e dalle spedizioni accademiche possiamo giustamente sperare l'ingrandimento, e l' invenzione dell' astronomìa. Coll' ajuto di organi sì perfetti si potrà meglio penetrare nel corpo del Sole, e conoscere la natura delle sue macchie, e i suoi movimenti quali che siano di rotazione, e di traslazione; si potrà forse

Miglioramenti da farsi nell' astronomìa

(*a*) V. Oriani *Eph. Med.* 1785, Caluso *Mémoir. Acad. des Scien. de Turin an.* 1786-87.

vede-

vedere la rotazione, che ora si congettura soltanto di Venere, e fors' anche di Mercurio, e di Saturno; si potrà forse venire in chiaro della verità del satellite di Venere, veduto da tanti astronomi, e negato da tutti gli altri; si potrà forse trovare in Marte qualche non immaginato satellite; e da' fenomeni, che con sì oculate osservazioni si scopriranno, s' aprirà uno spazioso campo agli astronomi per nuove speculazioni. La teoria de' satelliti di Saturno è ancor quasi intatta, la difficoltà d' osservarli ha levato il pensiero agli astronomi d' esaminarli distintamente. Quella de' satelliti di Giove ha ricevuti alcuni lumi da' calcoli del la Grange, del Bailly, del Wargentin, del Maraldi; ma non è che appena abbozzata riguardo a' due ultimi, ed anche riguardo a' primi rimane molto imperfetto, mancando di tutte le richieste osservazioni per fondare sicuramente la teoria. Co' cannocchiali dell' Herschel possiamo sperare d' avere il modo di vedere sì i satelliti di Giove, che que' di Saturno in quelle circostanze in cui ora si nascondono a' comuni telescopj, e di poterne allora formare più compiute teorie. Quante comete, che or si sottraggono a' nostri sguardi, non si presenteranno a' nuovi telescopj? Quanto non si rischiarerà, ed ingrandirà tutto il nostro mondo solare? Quanto più si osservano le stelle fisse, diceva il la Caille, tanto si trovano meno fisse: infatti si sono in questi tempi veduti in esse varj cambiamenti di luogo, e di luce, che prima neppure si sospettavano. Ora coll' avvi-

cinamento, che ci danno i nuovi cannocchiali, quanti piccioli cangiamenti non si vedranno prima non osservati; e quegli stessi che conoscevansi a quanto maggior esattezza non saranno ridotti? Noi amiamo di pascersi di queste, e di molt' altre lusinghiere speranze in vantaggio dell' astronomìa, perchè siamo persuasi, che soltanto col miglioramento del telescopio può prodursi una notabile rivoluzione in questa scienza, e che bisogna cambiare gli organi della vista per vedere le stelle diversamente, che finor si sono vedute; e questo cambiamento degli organi della vista, questo miglioramento de' telescopj è quello, che or abbiamo acquistato per l'intelligenza, e destrezza dell' industrioso, ed infaticabile Herschel. A questo vantaggio dell' astronomìa s' aggiunge il comodo della gran perfezione degli stromenti per le divisioni, che ci hanno ora procacciata il Ramsden, il Meignie, ed altri valenti artefici, e che può liberare gli astronomi da molte incertezze, e da molti errori, in cui li teneva l'imperfezione degli stromenti. In questo stato ritrovasi presentemente l' astronomìa, questi sóno i progressi che ha fatti, questo il corso che ha seguito nello spazio di tanti secoli. Ipparco, Tolommeo, Ticone, Keplero, Galileo, Cassini, Allejo, Newton, Bradlei, e dirò anche Herschel, co' gran geometri, ed astronomi calcolatori de' nostri dì l' hanno condotta a quella vastità di scoperte, pienezza di cognizioni, raffinata precisione, e sicurezza in alcune determinazioni, dotta, e giudiziosa incertezza in

altre, ricchezza, e squisitezza di stromenti, copia ed opportunità di mezzi, e di metodi, a quell' alta perfezione, ed eccellenza, in cui la vediamo presentemente: resta ancor nondimeno molto da fare per finire questa grand' opera: se le future età seguiteranno con quell' impegno, ed ardore, con cui vi hanno lavorato i due ormai passati secoli, possiamo sperare, che non tardi ad essere recata alla dovuta perfezione la vasta, e sublime scienza dell' astronomìa.

Conclusione. Noi intanto contenti d'avere data una qualche idea dell' origine, de' progressi, e dello stato attuale dell' astronomìa, e di tutte le scienze matematiche, porremo fine a questo libro, troppo breve certamente per la vastità, ed ampiezza degli argomenti trattati, ma forse lungo di soverchio per l' istituto della nostra opera, e per la copia e varietà di materie, che rimangono da trattare. L' amichevole unione, in cui or vediamo legate le scienze esatte, per cui tutte le matematiche miste si riducono alla meccanica, la quale viene regolata dalla geometrìa, e questa dal calcolo algebraico, ci offrirebbe varie riflessioni su la necessità di promuovere questo calcolo. Un metodo generale, e completo di calcolo integrale potrebbe produrre una rivoluzione in tutte le matematiche, come l' hanno prodotta nel passato secolo, e nel presente l' unione dell' algebra colla geometrìa introdotta dal Cartesio, e il calcolo infinitesimale del Newton, e del Leibnizio. Ma se d' uopo è studiare intensa-

mente, e promuovere, ed avanzare la scienza del calcolo, non però può lodarsi l'eccesso, in cui talora cadesi, nell' uso del medesimo per tutte le geometriche operazioni: e questo uso, ed abuso del calcolo potrebbe anche dare argomento di molte profonde, ed utili discussioni. La necessità delle osservazioni, e della piena cognizione de' fatti per avanzare le matematiche miste, e per fondarvi giuste teorie. non sarà mai inculcata abbastanza a' matematici pel diritto regolamento de' loro studj. La troppa sottigliezza, e talor anche poca utilità di molte questioni, in cui si deliziano i nostri geometri; la varietà de' progressi diversi in diversi tempi secondo i differenti studj; e gli studj, e i diversi metodi, che sono stati allora di moda, e mille altre riflessioni non affatto disutili si potrebbono derivare dalle cose finora dette nel corso di questa storia. Ma noi ristretti per l' abbondanza delle materie, le dobbiamo lasciare alla perspicacia de' dotti lettori, e passare a descrivere la storia delle altre scienze naturali.

Fine del Tomo undecimo;

INDICE
DEI CAPITOLI
DEL TOMO UNDECIMO.

CAPITOLO V.

Della Meccanica. Pag. 3
Origine della meccanica. ivi
Greci meccanici. 4
Archimede. 5
Altri greci. 6
Pappo. 8
Romani. ivi
Arabi. 9
Greci, e latini posteriori. ivi
Guid' Ubaldo. 10
Stevin. ivi
Galileo. 11
Baliani, Riccioli, Grimaldi, ed altri. 15
Torricelli. ivi
Borelli. ivi
Francesi meccanici. ivi
Roberval. 16
Cartesio. 17
Wallis. 19
Wren. ivi
Ugenio. ivi

Newton . Pag. 27
Altri geometri illustratori della meccanica. 32
Libnizio . 34
Questione delle forze vive da lui promossa . ivi
Proposta di problemi meccanici . 37
Varignon . 38
Amontons. ivi
Erman . ivi
Daniele Bernoulli . 39
Eulero . ivi
Francesi meccanici . 44
Clairaut . ivi
Alembert . 45
La Grange . 48

CAPITOLO VI.

Dell' Idrostatica . 51
Origine dell' idrostatica . ivi
Archimede . ivi
Altri greci , e latini . 52
Arabi . ivi
Stevin . ivi
Galileo . 53
Castelli . 55
Torricelli . ivi
I francesi . 57
Pascal . ivi
Mariotte . ivi
Altri italiani . 58
Montanari . ivi
Cassini . 59

Guglielmini. Pag. 59
Newton. 61
Altri geometri idrostatici. 63
Daniele Bernoulli. ivi
Maclaurin. 65
Giovanni Bernoulli. ivi
Figura della terra determinata per le leggi dell'idrostatica. 66
Clairaut. 67
Alembert. ivi
Juan. 69
La Grange. ivi
Altri idrostatici più pratici. 70
Lecchi. 71
Bossut. ivi
Nuove sperienze idrostatiche. ivi

CAPITOLO VII.

Della Nautica. 75
Origine della nautica. ivi
Arabi primi scrittori di nautica. 77
Portoghesi primi promotori della nautica. 78
Applicazione della trigonometria alla nautica. 79
Problema delle longitudini. 80
La Bussola. 82
Matematici illustratori del maneggio della nave. 84
Pardies. ivi
Renau. 85
Ugenio. ivi
Giacomo, e Giovanni Bernoulli. 86

Hoste . Pag. 87
Altri scrittori di nautica. 88
Bouguer . 89
Eulero. 90
Juan . ivi

CAPITOLO VIII.

Dell' Acustica . 93
La musica riposta fra le scienze matematiche . ivi
Origine della musica . 94
Pittagora . ivi
Osservazione del suono attribuito a Pittagora . ivi
Altre simili osservazioni . 95
Diverse sette de' greci . 97
Pittagorica. ivi
Aristossenica . 98
Tolommaica . 99
Diversità di tetracordi, e di scale loro. 100
Diversità di modi. 101
Scrittori della musica . ivi
Loro merito . 103
Scienza acustica de' greci . 105
Merito della loro musica . 106
Effetti della musica greca . 108
Musica de' romani. ivi
Degli arabi . ivi
Musica della chiesa . 110
Guidone aretino . 112
Francone, e Giovanni di Muris . 113
Filippo di Vitrì. 114

Intro-

Introduzione della musica nella poesia volgare. Pag. 115
Pubbliche scuole di musica. 117
Ristoramento della musica. 119
Scrittori di musica. 120
Zarlino. ivi
Salinas. 121
Galileo. 122
Cartesio. 125
Newton. ivi
Giovanni Bernoulli. 126
Sauveur. 128
Tailor. 130
Alembert. 131
Eulero. ivi
Daniele Bernoulli. 132
La Grange. 134
Giordano Riccati. 136
Mairan. ivi
Eulero. 137
Rameau. 138
Alembert. ivi
Tartini. 139
Eximeno. ivi

CAPITOLO IX.

Dell' Ottica. 141
Primi scrittori d' ottica. ivi
Passo d' Aristofane. ivi
Specchio ustorio d' Archimede. 143
Seneca. 144
Tolommeo. ivi

Arabi scrittori d' ottica.	Pag. 145
Alhazen.	ivi
Vitellione.	146
Ruggiero Bacone.	ivi
Invenzione degli occhiali.	147
Maurolico.	148
Porta.	ivi
Guidobaldo.	149
Keplero.	ivi
Invenzione de' telescopj.	150
Galileo.	ivi
Keplero.	151
Schinero.	152
Invenzione de' microscopj.	154
Cartesio.	156
Gregori.	158
Telescopj gregoriani.	ivi
Divini, e Campani.	159
Ugenio.	ivi
Hook.	160
Miglioramento de' microscopj.	161
Grimaldi.	ivi
Cavalieri.	162
Barrow.	ivi
Newton.	ivi
Telescopj newtoniani.	164
Pretensioni di varj all'invenzione de' telescopj catottrici.	165
Specchi ustori.	167
Tschirnausen.	ivi
Buffon	168
Telescopi astronomici.	169
Eulero.	171

Dollond. Pag. 170
Klingestierna. ivi
Boscovich. 172
Jeaurat. 175
Rachon. 176
Studio sul miglioramento del flintglass. ivi
Macquer. ivi
Herschel. 177
Miglioramenti de' telescopi. 178

CAPITOLO X.

Dell' Astronomìa. 179
Antichità dell' astronomìa. ivi
Astronomìa indiana. 181
Astronomìa antica. 183
Caldea. 184
Egiziana. ivi
Greca. 185
Talete. 186
Anassimandro. ivi
Pitagora. ivi
Pittagorici. 187
Democrito. ivi
Altri astronomi greci. 188
Merito della greca astronomìa antica. ivi
Eudosso. 190
Pitea. 191
Aristillo, e Timocari. ivi
Aristarco. ivi
Eratostene. 193
Ipparco. 196
Altri astronomi greci. 201
Tolommeo. ivi

Astronomia arabica, Pag. 205
Alfragano. 206
Thebit: ivi
Arzachel. ivi
Alpetragio. 207
Albatenio. ivi
Astronomi europei discepoli degli arabi. 208
Ristoramento dell' astronomia. 209
Purbach, e Regiomontano. ivi
Altri astronomi. 210
Copernico. ivi
Reinold. 213
Nugnez. ivi
Guglielmo landgravio di Hassia-Cassel. 214
Moestlin, ed altri. ivi
Ticone. ivi
Keplero. 218
Galileo. 222
Scheinero. 227
Baiero. 228
Gassendo. ivi
Horrox. 229
Cartesio. ivi
Evelio. 230
Ugenio. 231
Riccioli. 232
Miglioramenti dell' astronomia pratica. 233
Cassini. 234
Roemero. 242
Riches. 243
Picard. ivi
Newton. ivi
Flamsteed. 248
Bradlei. 252